

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G03B 15/02

G02B 5/04 G02B 3/06

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02119247.2

[43] 公开日 2002 年 12 月 18 日

[11] 公开号 CN 1385751A

[22] 申请日 2002.5.10 [21] 申请号 02119247.2

[30] 优先权

[32] 2001.5.10 [33] JP [31] 140146/2001

[32] 2001.7.6 [33] JP [31] 206728/2001

[32] 2002.3.28 [33] JP [31] 92653/2002

[71] 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 天明良治

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

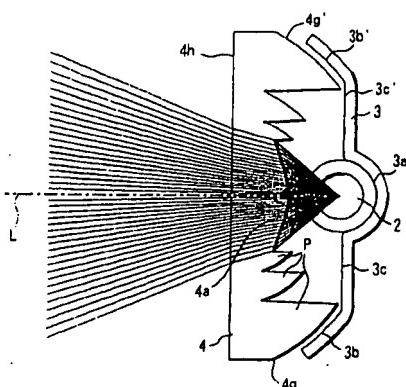
代理人 蒋旭荣

权利要求书 8 页 说明书 76 页 附图 62 页

[54] 发明名称 照明装置和图像拾取装置

[57] 摘要

本发明公开了一种照明装置和图像拾取装置，包括一个光源，一个放置在光源前方并配置有用于向前反射光源的光的反射面的光学元件或棱镜部分，每个棱镜部分由一个接收从光源入射的光的折射面和一个用于反射从该折射面入射的光的反射面组成。此处在光学元件中，有多对垂直于光轴、处于一个包含以光轴为中心的光源径向的平面中的反射面或棱镜部分，本发明可以提供一种能够高效利用光源的光的小型照明装置。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种照明装置，包括：

一个光源；

一个放置在光源前方并配置有反射面以向前反射光源的光的光学元件；

其中光学元件包括多对反射面，在垂直于光轴的方向将反射面分布在光轴两侧上，其位于一个包含光源径向的平面中。

2. 如权利要求1所述的照明装置，

其特征在于光学元件包括一个配置有一个折射面和一个反射面的棱镜部分，折射面接收从光源入射的光，反射面反射从折射面入射的光，和

在光学元件上形成多对棱镜部分，在垂直于光轴的方向将棱镜部分分布在光轴两侧上，其位于包含光源径向的平面中。

3. 如权利要求1所述的照明装置，其特征在于在光学元件的入射面侧上接近光轴处形成一个具有正折光力的透镜部分，并且在周边部分中形成多对反射面。

4. 如权利要求1所述的照明装置，其特征在于光源为圆柱形，和在光学元件的出射面上形成一个在光源的纵向有折光力的棱镜阵列。

5. 如权利要求1所述的照明装置，其特征在于反射面是一个曲面。

6. 如权利要求2所述的照明装置，其特征在于对于一个在垂直于光轴方向上远离光轴的棱镜部分，其位于所述的包含光源径向的平面中，把由每个棱镜部分的折射面和反射面之间的交线形成的在光源一侧的边缘放置在接近光源侧的位置。

7. 如权利要求2所述的照明装置，其特征在于把多对棱镜部分中的一对棱镜部分的边缘放置在基本与光轴方向上光源中心的位置相同的位置上，其中棱镜部分在垂直于光轴的方向上远离光轴，处于包括光源径向的平面中。

8. 如权利要求2所述的照明装置，还包括一个放在光源之后的反射元件，该反射元件把光源的光向前反射，

其中反射元件延伸到至少覆盖多对棱镜部分中一对棱镜部分反射面的一部分的位置，棱镜部分在垂直于光轴的方向远离光轴，处于包含光源径向的平面中。

9. 如权利要求3所述的照明装置，其特征在于以这种方式确定每个反射面的形状，即通过每个反射面辐射光的范围和通过透镜部分辐射光的范围基本上彼此重叠。

10. 如权利要求1所述的照明装置，其特征在于从光学元件辐射的辐射光范围可以通过改变光学元件和光源之间在光轴方向上的位置关系而使之可变。

11. 一种图像拾取装置，包括：

一个光源；

一个放置在光源前方并配置有将光源发出的光向前反射的反射面的光学元件，

其中，在光学元件上形成多对反射面，在垂直于光轴的方向上将反射面分布在光轴两侧上，其处于一个包含光源径向的平面内。

12. 如权利要求11所述的图像拾取装置，

其特征在于光学元件包括一个配置有一个折射面和一个反射面的棱镜部分，折射面接收从光源入射的光，反射面反射从折射面入射的光，和

在光学元件上形成多对棱镜部分，棱镜部分在垂直于光轴的方向，分布在光轴两侧上，其位于一个包含光源径向的平面中。

13. 如权利要求11所述的图像拾取装置，其特征在于在光学元件的入射面的光轴上和接近光轴处形成一个具有正折射率的透镜部分，并且在周边部分中形成多对反射面。

14. 如权利要求11所述的图像拾取装置，其特征在于光源为圆柱形，在光学元件的出射面侧上形成一个在光源的纵向有折光力的棱镜阵列。

15. 如权利要求11所述的图像拾取装置，其特征在于反射面是一个曲面。

16. 如权利要求12所述的图像拾取装置，其特征在于对于一个在垂直于光轴方向上远离光轴的棱镜部分，其位于包含光源径向的平面中，把由每个棱镜部分的折射面和反射面之间的交线形成的在光源一侧的边缘放置在接近光源侧的位置。

17. 如权利要求12所述的图像拾取装置，其特征在于把处于包括光源径向的平面中、在垂直于光轴方向上远离光轴的多对棱镜部分的一对棱镜部分的边缘放置在基本上与在光轴方向上的光源中心的位置相同的位置上。

18. 如权利要求12所述的图像拾取装置，还包括一个放在光源之后的反射元件，该反射元件把光源的光向前反射，

其中反射元件延伸到至少覆盖多对棱镜部分中一个的部分反射面的位置，其中棱镜部分远离光轴，在垂直于光轴的方向，处于包含光源径向的平面中。

19. 如权利要求13所述的图像拾取装置，其特征在于以这种方式确定每个反射面的形状，即通过每个反射面辐射光的范围和通过透镜部分辐射光的范围基本上彼此重叠。

20. 如权利要求11所述的图像拾取装置，具有一种卡片式结构。

21. 如权利要求11所述的图像拾取装置，其特征在于从光学元件辐射的辐射光的范围可以通过改变光学元件和光源之间在光轴方向上的位置关系而使之可变。

22. 一种照明装置，包括：

一个光源；

一个放置在光源前方的光学元件，和

一个反射元件，放置成覆盖光源的背面以及光源与光学元件之间的正面空间，并将光源辐射的光向前反射，

其中光学元件包括：

一个透镜部分，放置在光学元件的入射面一侧并接近光轴，具

有正折光力；和

一个反射部分，放置在透镜部分的周边侧，比被覆盖正面空间的部分反射元件反射的光通过的区域更接近光轴，并把光源发出的光向前反射。

23. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于反射部分的形状像一个棱镜，该棱镜有一个接收从光源入射的光的折射面和一个反射从折射面入射的反射面。

24. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于反射部分的折射面由相对于光轴的梯度为 4° 或更小的平面构成。

25. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于反射部分的反射面由一个平面或曲面构成。

26. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于在光轴的两侧上设置一对或多对反射部分。

27. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于以这种方式决定反射部分的形状，即经反射部分辐射的光辐射范围和经透镜部分及反射元件辐射的光辐射范围基本上彼此重叠。

28. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于从光源中心发出并入射到反射部分的光相对于光轴的角度 α 处于 $20^{\circ} \leq \alpha \leq 70^{\circ}$ 的范围内。

29. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于覆盖反射元件正面空间的区域是一个二阶曲面。

30. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于覆盖反射元件正面空间的区域是一个半椭圆曲面，其焦点与光源的中心重合。

31. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于光源为圆柱形，光学元件的透镜部分是一个柱状透镜或是复曲面透镜，在垂直于光源纵向的平面内具有正折光力。

32. 如权利要求22所述的照明装置，其特征在于从光学元件辐射的光的辐射范围可以通过改变光源和光学元件之间在光轴方向的位置关系而使之可变。

33. 一种照明装置，包括：

一个光源；

一个放置在光源前方并配置有透镜部分的光学元件，其中透镜部分具有正折光力并设置在该光学元件的入射面一侧上，接近光轴；

一个第一反射元件，以这样的方式放置，以覆盖光源的背面和光源与光学元件之间的正面空间并把光源发出的光向前反射；和

一个第二反射元件，该元件放置在光学元件入射面附近的透镜部分的周边侧，比被覆盖正面空间的部分第一反射元件反射的光通过的区域更接近光轴，并把光源的光向前反射。

34. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于第二反射元件由平面或曲面构成。

35. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于在光轴的两侧上设置一对或多对第二反射元件。

36. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于以这样的方式决定第二反射元件的形状，即经第二反射元件辐射的光范围和经透镜部分及第一反射元件辐射的光范围基本上彼此重叠。

37. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于从光源中心发出并入射到第二反射元件的光相对于光轴的角度 α 处于 $20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$ 的范围内。

38. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于光源具有一种圆柱形形状，覆盖光源背面的第一反射元件的区域的形状象一个与光源同心的半圆柱。

39. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于覆盖正面空间的第一反射元件的区域是一个二阶曲面。

40. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于覆盖正面空间的第一反射元件的区域是一个半椭圆曲面，其焦点与光源的中心重合。

41. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于光源为圆柱形，光学元件的透镜部分是一个柱状透镜或是复曲面透镜，在垂直于光源纵向的平面内具有正折光力。

42. 如权利要求33所述的照明装置，其特征在于从光学元件发出

的光的辐射范围可以通过改变光源、光学元件和第二反射元件之间在光轴方向的位置关系而使之可变。

43. 一种图像拾取装置，包括：

一个光源；

一个放置在光源前方的光学元件；和

一个反射元件，以这样的方式放置成覆盖光源的背面以及光源与光学元件之间的正面空间，并将光源发出的光向前反射，

其中光学元件包括：

一个透镜部分，放置在光学元件的入射面一侧并接近光轴，具有正折光力；和

一个反射部分，放置在透镜部分的周边侧，比被覆盖正面空间的部分反射元件反射的光通过的区域更接近光轴，并把光源发出的光向前反射。

44. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于反射部分的形状像一个棱镜，该棱镜有一个接收从光源入射的光的折射面和一个反射从折射面入射的反射面。

45. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于反射部分的折射面由相对于光轴的梯度为 4° 或更小的平面构成。

46. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于反射部分的反射面由一个平面或曲面构成。

47. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于在光轴的两侧上设置一对或多对反射部分。

48. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于以这种方式决定反射部分的形状，即经反射部分辐射的光辐射范围和经透镜部分及反射元件辐射的光辐射范围基本上彼此重叠。

49. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于从光源中心发出并入射到反射部分的光相对于光轴的角度 α 处于 $20^{\circ} \leq \alpha \leq 70^{\circ}$ 的范围内。

50. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于覆盖正面空

间的反射元件的区域是一个二阶曲面。

51. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于覆盖正面空间的反射元件的区域是一个半椭圆曲面，其焦点与光源的中心重合。

52. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于光源为圆柱形，光学元件的透镜部分是一个柱状透镜或是复曲面透镜，在垂直于光源纵向的平面内具有正折光力。

53. 如权利要求43所述的图像拾取装置，具有卡片式结构。

54. 如权利要求43所述的图像拾取装置，其特征在于从光学元件发出的光的辐射范围可以通过改变光源和光学元件之间在光轴方向的位置关系而使之可变。

55. 一种图像拾取装置，包括：

一个光源；

一个放置在光源前方并配置有透镜部分的光学元件，其中透镜部分具有正折光力并设置在该光学元件的入射面一侧上，接近光轴；

一个第一反射元件，以这样的方式放置即覆盖光源的背面和光源与光学元件之间的正面空间并把光源发出的光向前反射；和

一个第二反射元件，该元件放置在光学元件入射面附近的透镜部分的周边侧，比被覆盖正面空间的部分第一反射元件反射的光通过的区域更接近光轴一侧，并把光源的光向前反射。

56. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于第二反射元件由平面或曲面构成。

57. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于在光轴的两侧上设置一对或多对第二反射元件。

58. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于以这样的方式决定第二反射元件的形状，即经第二反射元件辐射的光范围和经透镜部分及第一反射元件辐射的光范围基本上彼此重叠。

59. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于从光源中心发出并入射到第二反射元件的光相对于光轴的角度 α 处于 $20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$ 的范围内。

60. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于光源具有一种圆柱形形状，覆盖光源背面的第一反射元件的区域形状象一个与光源同心的半圆柱。

61. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于覆盖正面空间的第一反射元件的区域是一个二阶曲面。

62. 如权利要求55所述的图像拾取装置，其特征在于覆盖正面空间的第一反射元件的区域是一个半椭圆曲面，其焦点与光源的中心重合。

63. 如权利要求55所述的图像拾取照明装置，其特征在于光源为圆柱形，光学元件的透镜部分是一个柱状透镜或是复曲面透镜，在垂直于光源纵向的平面内具有正折光力。

64. 如权利要求55所述的图像拾取照明装置，具有一种卡片式结构。

65. 如权利要求 55 所述的图像拾取照明装置，其特征在于从光学元件发出的光的辐射范围可以通过改变光源、光学元件和所述第二反射元件之间在光轴方向的位置关系而使之可变。

照明装置和图像拾取装置

发明领域

本发明涉及一种照明装置和配置有该装置的图像拾取装置。

相关技术的描述

用于图像拾取装置如照相机、数字静态相机和摄影机的照明装置传统地由光源和光学元件如反射器和菲涅尔透镜构成，其中菲涅尔透镜把光源产生的光通量向前导引。

这种照明装置可以有各种设计形式，以便把光源在各个方向辐射的光通量有效地会聚到所要的辐射场角度之内。尤其是近年来有这样一个提议，即把使用全反射的光学元件、如替代菲涅尔透镜的棱镜或光导器放置在光源前方，由此提高光的会聚效率并减小装置的大小。

日本待定专利申请JP2000-250102中描述的此类提议的例子是一种使用配置有柱状透镜部分和棱镜部分的光学元件，柱状透镜部分具有正折射性能，把光源发射的光通量向前会聚，棱镜部分把光源发射的光通量向侧方折射，再利用置于其后的全反射表面将光通量向前导向。根据此公开中提议的照明装置通过上述光学元件的光学作用使得光源从中心大致均匀地分布，并从出光面的同一平面辐射照明光。这使得可以实现高会聚效率的小尺寸的照明光学系统。

近年来图像拾取装置趋于比过去变得更小和更薄，甚至提出了一种极薄的数字相机，如前所未有的卡片尺度的相机。

与此相符，较小、较薄的光源也是一个必要条件，并且强调照明光学系统在市场上可行，即在该条件下不降低光学性能。

在这种背景下，还可以把上述日本待定专利申请JP2000-250102中提出的照明装置用作一个超小照明装置。

但是，上述公开中提出的照明装置在厚度方向仍然较厚，不能薄到足以套装到卡片大小的相机中。为此，这种照明装置不能说是安装

在卡式相机或卡式电子闪光灯中的照明装置的理想结构。

发明概述

本发明的一个目的在于提供一种高效照明装置和装配有该照明装置的图像拾取装置，其中该照明装置能够实现极薄的照明光学系统并提供所需的光学性能和光分布特性。

为了达到上述目的，本发明的照明装置包括一个光源，一个放置在光源前方并配置有反射面以反射光源的光的光学元件，其特征在于光学元件包括多对反射面，反射面分布在光轴两侧垂直于光源纵向的方向上。

此外，光学元件可以配置多对棱镜部分，棱镜部分由一个接收光源入射光的折射面和反射从折射面入射的光的反射面构成，其布置在光轴两侧垂直于光源纵向的方向。

在上述发明中，可以在光学元件的入射面一侧并接近光轴处形成一个具有正折光力的透镜部分，并在周边部分形成多对反射面。

另外，在上述发明中，对于在垂直于光源纵向的方向上远离光轴的一个棱镜部分，还可以把由每个棱镜部分的折射面和反射面之间的交线形成的在光源一侧上的边缘放置得接近光源一侧。在此情况下，还可以把多对棱镜部分中一个的边缘放置在与光轴方向上光源的中心位置基本相同的地方，其中棱镜部分在垂直于光源纵向的方向上离光轴最远。

此外，在上述发明中，还可以包含在一个放在光源之后的反射元件，该反射元件把光源的光朝向光学元件反射并允许反射元件延伸到至少覆盖多对棱镜部分中一个的部分反射面的位置，其中棱镜部分在垂直于光源纵向的方向上最远离光轴。

此外，在上述发明中，还可以以这种方式确定每个反射面的形状，即通过每个反射面辐射的光辐射范围和通过透镜部分辐射的光辐射范围实际上彼此重叠。

此外，在上述发明中，还可以使光源和光学元件在光轴方向上的位置关系能够可变。

此外，为了达到上述目的，根据本发明的照明装置包括一个光源，一个放置在光源前方的光学元件和一个以这种方式放置的反射元件，即反射元件覆盖光源的背面以及光源和光学元件之间的正面空间，并把光源发射的光向前反射，其特征在于光学元件包括一个透镜部分和一个反射部分，其中透镜部分放置在光学元件的入射面一侧上并接近其光轴，且具有正折光力，反射部分放置在透镜部分的周边一侧，设置得比反射元件覆盖反射光通过的正面空间的区域更接近光轴，并把光源的光向前反射。

在上述发明中，可以形成棱镜状的反射部分，该部分具有接收从光源入射的光的折射面和反射从该折射面入射的光的反射面。在此情况下，还可以由相对于光轴的梯度为 4° 或更少的平面构成反射部分的折射面。还可以在光轴的两侧上设置一对或多对反射部分。

另外，在上述发明中，可以以这种方式决定反射部分的形状，即经反射部分辐射的光范围和经透镜部分及反射元件辐射的光范围基本上彼此重叠。

另外，在上述实施例中，可以把从光源中心发出并入射到反射部分的光相对于光轴的角度 α 设置在 $20^{\circ} \leq \alpha \leq 70^{\circ}$ 的范围内。

另外，在上述实施例中，可以通过改变光源和光学元件在光轴方向的位置关系而使辐射范围可变。

另外，为了达到上述目的，根据本发明的照明装置包括一个光源；一个放置在光源前方并配置有透镜部分的光学元件，其中透镜部分具有正折光力并设置在该光学元件的入射面一侧上，接近光轴；一个第一反射元件，以覆盖光源的背面和光源与光学元件之间的正面空间并把光源辐射的光向前反射的方式放置；和一个第二反射元件，该元件放置在光学元件入射面附近的透镜部分的周边，比被覆盖正面空间的部分第一反射元件反射的光通过的区域更接近光轴一侧，并把光源的光向前反射。

在上述发明中，可以在光轴的两侧设置一对或多对第二反射元件。

另外，在上述发明中，可以以这样的方式决定第二反射元件的形

状，即经第二反射元件辐射的光范围和经透镜部分及第一反射元件辐射的光范围基本上彼此重叠。

另外，在上述发明中，可以把从光源中心发出并入射到第二反射元件的光相对于光轴的角度 α 设置在 $20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$ 的范围内。

另外，在上述发明中，可以通过改变光源、光学元件以及第二反射元件在光轴方向的位置关系而使得辐射范围可变。

因而可以根据上述的每一项发明把照明装置安装到图像拾取装置上。在此情况下，图像拾取装置可以具有卡片式外形。

附图简述

图1是根据本发明实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图2是根据图1实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图3是图1所示实施例的照明装置在放电管轴向的截面图；

图4是根据图1所示实施例的照明装置中主要光学系统的分解透视图；

图5是配置有根据图1所示实施例的照明装置的相机透视图；

图6是根据图1所示实施例的照明装置的光分布特性曲线；

图7是本发明另一实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图8是根据图7所示实施例的照明装置在放电管轴向的截面图；

图9是从图7所示实施例的照明装置的背面观察时的主光学系统的分解透视图；

图10是本发明另一实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图11是本发明另一实施例的主要光学系统从照明装置的背面观察时的分解透视图；

图12是用于图11所示实施例的照明装置中的光学元件的后视图；

图13是本发明另一实施例的照明装置在包含放电管径向的平面上的纵向截面图；

图14是根据图13所示实施例的照明装置在包含放电管径向的平面上的纵向截面图；

图15是根据图13所示实施例的照明装置在放电管纵向的截面图；

图16是根据图13所示实施例的照明装置的分解透视图；

图17是根据图13所示实施例的照明装置从背面观察时的透视图；

图18是配置有根据图13所示实施例的照明装置的相机透视图；

图19是本发明另一实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图20是根据图19所示实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图21是根据本发明另一实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图22是根据图21中所示实施例的照明装置在放电管径向的纵向截面图；

图23是根据图21所示实施例的照明装置的分解透视图；

图24是本发明另一实施例的照明装置（会聚态）在放电管径向的截面图；

图25是图24中的照明装置（发散态）在放电管径向的截面图和代表性光束的轨迹图；

图26是图24所示照明装置由包含放电管中心轴的平面截取的截面图；

图27是图24中照明装置的光学系统的分解透视图；

图28是配置有图24所示照明装置的（a）袖珍相机和（b）卡片尺度的相机的透视图；

图29是图24所示照明装置（会聚态）的光分布特性曲线；

图30是图24中所示照明装置（发散态）的光分布特性曲线；

图31是本发明另一实施例的照明装置（会聚态）在放电管径向的截面图；

图32是图31中的照明装置（发散态）在放电管径向的截面图和代表性光束的轨迹图；

图33是图31所示照明装置由包含放电管中心轴的平面截取的截面

图；

图34是图31所示照明装置的光学系统的分解透视图；

图35是本发明另一实施例的照明装置（会聚态）在放电管径向的截面图；

图36是图35中的照明装置（发散态）在放电管径向的截面图和代表性光束的轨迹图；

图37是本发明另一实施例的照明装置（会聚态）在放电管径向的截面图；

图38是图37中的照明装置（发散态）在放电管径向的截面图和代表性光束的轨迹图；

图39是本发明另一实施例的照明装置中光学系统的分解透视图；
和

图40是组成图39所示照明装置的光学元件的后视图。

优选实施例的详细描述

图1至图5表示本发明一个实施例中的相机照明装置。图1和图2是上述照明装置的光学系统中主要元件在包含放电管径向的平面上的截面图，并且平面的垂直方向（垂直于光轴的方向）是垂直于放电管（光源）纵向的方向。图3是上述照明装置由包含组成光学系统的放电管中心轴的水平面截取的截面图。图4是上述照明装置主要光学系统的分解透视图，图5是配置有上述照明装置的相机透视图。

图1至图3还表示从作为光源的放电管的中心发出的代表性光束的轨迹图，并尤其是图1(a)、1(b)和图2(a)、2(b)表示在根据入射光的位置分段的相同部分上光源中心发出的光通量。

图5(a)表示袖珍相机，图5(b)表示卡片式相机。在这些图中，标号11表示相机的主体，标号1表示放置在相机主体11顶部的照明装置。标号12表示照相透镜，标号13表示快门按钮。

在图5(a)中，标号14表示一个使照相透镜12变焦的操作元件，向前压此操作元件14以拉近图像，向后压此操作元件14以拉远图像。

另外，标号15表示在相机的各种模式之间切换的一个模式设置钮，

标号16表示向相机的操作用户告知信息的一个液晶显示窗。

在图5(a)和5(b)中，标号17表示测量外界光线亮度的光度计的光接收窗，标号18表示取景器的视窗。

下面将利用图1至图4详细解释决定照明装置光学特性的元件。

在这些图中，标号2表示柱状放电管(氙管)。标号3表示一个反射器，该反射器向前反射放电管2发出的并在辐射光轴方向向后传播的光通量部分。该反射器3有一个高反射率的内表面，由金属材料制成，如辐射铝，或由一种树脂材料制成，制成的反射器有一个其上形成有高反射率金属蒸发表面(*high-reflectance metal-evaporated surface*)的内表面。

标号4表示棱镜状单件式光学元件，在来自放电管2的光的入射面上，有多对由折射面4b, 4d, 4f, 4b', 4d', 4f'和反射面4c, 4e, 4g, 4c', 4e', 4g'组成的棱镜部分P，折射面4b, 4d, 4f, 4b', 4d', 4f'在垂直于放电管2纵向的方向上有折光力(*refracting power*)(折射力)，反射面4c, 4e, 4g, 4c', 4e', 4g'几乎满足从折射面入射的光的全反射条件，其中这些折射面分布在光轴L两侧垂直于上述放电管2纵向的方向上。

另外，如图3所示，在光学元件4的出光面上是一个棱镜阵列4h，该阵列在放电管2的纵向具有折光力。作为光学元件4的材料，如丙烯酸树脂或玻璃材料的高光透射率树脂材料是合适的。

在上述结构中，在相机设置为“电子闪光灯自动模式”的情况下，用户按下快门释放按钮13之后，控制电路(未示出)根据光度计(未示出)测得的外界光亮度、加载的胶片感光度或图像拾取装置如CCD或CMOS的特性决定是否从照明装置1中发出光。

当控制电路决定“应该从照明装置发光”时，控制电路输出发光信号并允许放电管2通过连接到反射器3的触发器导线发光。

从放电管2发出的光通量，在辐散光轴L方向向后发出的光通量分量经反射器3进入放置在放电管2前方的光学元件4，在辐散光轴方向向前发出的光通量分量直接进入光学元件4。这两部分光通量通过光学元件4变为具有预定光分布特性的光通量并再辐散到物体上。

之后，利用图1至图3解释在上述照明装置11中设置最佳形状，以确保在所需的辐散范围内光分布特性均匀，同时特别显著地削薄照明光学系统的整体形状。

首先，利用图1和图2解释优化垂直于放电管2纵向（垂直方向）的方向上光分布特性的基本概念。图1(a)、1(b)和图2(a)、2(b)表示相同的部分，并表示在不同情况下的不同光束轨迹线。

这些图表示制成放电管2的玻璃管的内外直径。在此类放电管的实际发光现象中，光通常从全部内径中发出以提高效率，并且合理地认为光实际上从发光点穿过放电管2的全部内径而发出。但是，为了简化解释，假设从放电管2中心发出的光通量是具有代表性的光通量，图中只表示了从放电管2中心发出的光通量。

作为实际的光分布特性，由于除了图中所示的代表性光通量外还有从放电管2外围发出的光通量，总体的光分布特性在光通量轻微扩展的方向发生变化，但此光通量的光分布特性具有几乎相同的趋势，因此将根据该具有代表性的光通量进行下列解释。

首先将逐个解释上述照明装置光学系统的特有形状。反射器3背面在辐射光轴方向的形状是半圆柱形（以下称作“半圆柱部分3a”），其几乎与放电管2同心。这是一种把反射器3反射的光再有效返回到接近放电管2中心的形状，它有防止对放电管2玻璃部分的折射不利影响的效果。

另外，这种结构使得可以把反射器3反射的光当作几乎与放电管2传导的光相同的出射光对待，并且由此减小整个光学系统的大小。另外，反射器3具有半圆柱形状的原因在于，具有小于此的形状将需要光学元件4的尺寸增大以会聚侧向光通量，而具有大于此的形状将增大捕获到反射器3中的光通量，导致效率降低。

另一方面，反射器3上下周边部分（以下称作“曲面部分3b, 3b'”）的形状做成覆盖反射面4g和4g'的背面，而反射面以这样的方式放置，即光学元件4棱镜部分P的垂直方向上最外边的棱镜部分的折射面4f和4f'与反射面4g和4g'之间的界面边缘E几乎位于与放电管2的中心在光

轴方向相同的位置。

这是因为从放电管2中心发出的光通量可以被反射面 $4g$ 和 $4g'$ 理想地反射(全反射)，如图2(b)所示，而尤其当放电管2具有较大的内径时，从放电管2前侧(图中放电管2的中心的左侧)发出的部分光通量不能在反射面 $4g$ 和 $4g'$ 上满足全反射条件，并且不能全反射，由此包括从反射面 $4g$ 和 $4g'$ 出射的光通量分量。这就是上述形状适于反射器3有效使用这些光通量的原因。

以此方式，通过在光学元件4的上下侧沿反射面 $4g$ 和 $4g'$ 的形状延伸反射器3的形状，如图中所示，可以允许被反射面 $4g$ 和 $4g'$ 全反射并从反射面 $4g$ 和 $4g'$ 出射的光通量重新进入光学元件4，并还把反射的光通量有效地导入预定的辐射范围。

下面将解释光学元件4的形状，其中该元件对上述照明装置11的光分布特性具有最大影响。为了使在光轴方向有最薄形状的光学元件4获得能够均匀照明所需辐射范围的光分布，本实施例如下确定其元件的形状。

如图1(a)所示，从放电管2向辐射光轴附近发出的光通量穿过形成在光学元件4的入射面中心区域(该区域位于光轴L上并接近光轴L。换言之，光轴L通过该区域)的柱状透镜表面4a，被改变成在预定的角度范围内具有均匀光分布特性的光通量并再从出射面4h出射，其中光学元件4具有正折光力。

此处，为了提供均匀的光分布特性，本实施例的柱状透镜表面4a构造为具有连续的非球面形状，使得光从放电管2中心出射的角度与光从柱状透镜表面4a出射的角度成正比，并且光以一定的比例会聚。

下面将解释图1(b)中所示的光通量分量，即从放电管2的中心向上和向下以稍大于图1(a)中所示光通量分量的角度出射的光通量(但以下图中只表示了向下发射的光通量分量)

该光通量分量经平面制成的第一折射面4b和 $4b'$ 折射，入射到棱镜部分P，其大部分光通量再被预定曲面制成的第一反射面 $4c$ 和 $4c'$ 全反射并变成具有几乎与图1(a)中辐射角分布相同的光分布特性的光通

量。

此处，入射到折射面 $4b$ 和 $4b'$ 上的光通量分量的角度范围比图1(a)中所示光通量分量的入射角度范围窄很多。为此，安置在图1(a)中所示辐射角度范围内的上述元件需要第一反射面 $4c$ 和 $4c'$ 的形状做成光通量的角度范围以特定的比例扩展。根据此概念优化第一反射面 $4c$ 和 $4c'$ 的形状使得图中所示的所得辐射角度范围与上述图1(a)中所示的辐射范围几乎匹配。

另外，如图2(a)所示，从放电管2的中心向上向下以大于图1(b)所述光通量分量的角度发出的光通量分量经平面组成的第一折射面 $4d$ 和 $4d'$ 折射，进入到棱镜部分P中，并且大部分光通量被由预定曲面制成的第二反射面 $4e$ 和 $4e'$ 全反射，改变成具有与上述图1(a)和1(b)中辐射角分布几乎相等的均匀光分布特性的光通量。

甚至在此情况下，入射到第二折射面 $4d$ 和 $4d'$ 上的光通量角度范围远窄于图1(a)所示光通量的角度范围，与图1(b)的情形相同，并且使上述光通量分量在图1(a)所示的辐射角分布的范围内需要第二反射面 $4e$ 和 $4e'$ 的形状做成光通量的角度范围按一定的比例扩展。根据此概念优化第二反射面 $4e$ 和 $4e'$ 的形状使得图中所示的所得辐射角度范围与上述图1(a)中所示的辐射范围几乎匹配。

另外，如图2(b)所示，从放电管2向上或向下以最大的辐射角发射的光通量分量经平面组成的第一入射面 $4f$ 和 $4f'$ 折射，进入棱镜部分P，大部分光通量被预定曲面制成的第三反射面 $4g$ 和 $4g'$ 全反射，变成具有与上述图1(a)、1(b)和1(c)中辐射角分布几乎相同的均匀光分布特性的光通量并再从平面 $4h$ 射出。

因而，在图1和图2所示的部分中，从放电管2的中心发出的所有光通量被图1(a)中的柱状表面 $4a$ 以及6对折射面和反射面的光学作用分成总共7个区域的光通量分量。但这些区域的光通量分量的辐射角度范围彼此重叠并在辐射面上形成均匀的光分布。

因而，把第一至第三反射面的形状分段成比现有技术中更小的部分使得本实施例能够获得现有技术所没有的特殊效果。

首先，反射面没有象现有技术中那样连续地放置在光轴的方向，而是离散地放置，并且在垂直于辐射光轴L的垂直方向上放置多个反射面层，其放置方式是一个与另一个重叠，这使得能够显著地减小照明光学系统在包含光学元件4的垂直方向的厚度。

即，在垂直方向把第一反射面4c和4c'对称地放置在柱状透镜表面4a的外部、在垂直方向把第二反射面4e和4e'对称地放置在反射面4c和4c'中光轴方向与另一个重叠的位置区域的外部、在垂直方向把第三反射面4g和4g'对称地放置在上述两个反射面4c、4c'、4e和4e'中光轴方向与另一个重叠的位置区域的外部，这样使得能够在光轴方向把反射面整体的厚度减小一半或更多。通过采用这种布局，使得本实施例可构成一种能够获得预定的光分布特性的厚度小到约为4mm的照明光学系统。

其次，构成具有全反射作用的多个面可以避免常规的光导型电子闪光灯的问题，即当把通常由树脂光学材料制成的光学元件放置得接近光源时，光学元件被光源产生的热量熔化并且不能获得依据光发射条件的原始光学特性等问题。

即通过构成具有多层结构的反射面，可以把最易受热损伤的光学元件4的折射面和反射面之间界面的边缘E放置得远离光源，减小连续发光期间产生的热辐射和热传递对光学树脂材料的影响，并防止光学特性的降低。

第三，可以构成较小但效率衰减较少的照明光学系统。即，因为反射面基本上构成为一个具有全反射作用的面，所以有较小的效率衰减，也很少有从光源中心以外的地方发出的辐射方向急剧变化的光通量分量，因而提供了很高的效率。

另外，反射器3由半圆柱部分3a、曲面部分3b和3b'以及平面部分3c和3c'三部分构成，平面部分3c和3c'构成的反射器能够通过反射从光源中心的前面（图中的左侧）发出并成对角地向后传导的光通量分量而有效利用光通量。因而，用平面构成此表面能使得在非中心发出的光通量的所需辐射角度范围之内有效地辐射光。

因而，可以只使用少量的反射器3组件和光学元件4构成小巧的高效照明光学系统，该系统损失到所需辐射范围之外的光量较少。

然后，利用图3解释根据本实施例的放电管2纵向的会聚作用。

图3是放电管2由包含中心轴的平面截取的截面图，还有光源中心发出的光束的轨迹图。如图中所示，光学元件4的出射面由一个棱镜阵列4h和形成在周边部分中的菲涅尔透镜部分4i和4i'构成，其中棱镜阵列在中心区域形成有两个角度相同的斜坡。

本实施例把中心区域中每个棱镜阵列4h的顶角设置为恒定角度105°。有这种角度设置的棱镜阵列4h具有这样的效果，即允许有较大入射角的光通量分量（入射到光学元件4上的角度范围为30°~40°的光通量分量）以与光从入射面折射的角度相同的角度从出射面出射，也就是允许光通量分量从出射面射出而不受出射面的折射影响，具有把入射光通量会聚到特定辐射角度范围内的效果。

本实施例表示该棱镜阵列4h的顶角设置为105°的实例，但角度设置并不局限于此，设置一个小于该角度的角如90°，使得可以对光学元件4射出的光通量设置一个较窄的辐射角，相反，设置一个大于此角度的角如120°，使得可以对光学元件4射出的光通量设置一个较宽的辐射角。

另一方面，如图3所示，还有一些出射的光通量分量，它们被该棱镜阵列4h全反射并又返回到放电管2。此光通量分量被反射器3反射并又进入光学元件4，通过棱镜阵列4h变成预定的角度成份并再辐射到物体上。

因而，从放电管2中心出射的大部分光通量变为具有特定角分布的光通量并从光学元件4辐射出来。在此情况下，光分布唯一地依据棱镜阵列4h的角度设置，不受棱镜阵列4h的间距等因素的影响，因此能够在对光轴方向上的深度没有要求的情况下在一个极小的区域中进行会聚控制。这使得可以极大地减小照明光学系统的整体尺寸。

另外，如图所示，菲涅尔透镜部分4i和4i'形成在光学元件4周边上的出射面上。虽然光学元件4相当薄，但在此周边部分中也有一个获得

具有一定方向性的光通量的区域，并且在此区域中形成菲涅尔透镜，能达到较为有效的会聚作用。

在此附图中，可以观察到在此部分中没有显著的会聚操作。这是因为只显示出从放电管2中心发出的光通量，并且从放电管2端部周围发出的大部分光通量被变为会聚到辐射光轴L上的分量。

因此，把光学元件4每个部分的出射面的形状确定为甚至放置一个接近放电管2的极薄的照明光学系统，也能把光通量有效的会聚到特定的角度范围内。

图6表示本实施例的光学系统结构中获得的实际光分布特性曲线。如图中所示，本实施例可以获得在特定的角度范围内均匀的光分布特性，并获得理想照明光学系统的特性，在所需的辐射角度范围之外几乎没有光。

因而，本实施例利用棱镜阵列4h和光学元件4出射面侧边上的菲涅尔透镜部分4i及4i'对放电管2的纵向进行会聚控制，并利用柱状透镜表面4a和放置在光学元件4入射面侧边上的多对反射面4c, 4e, 4g, 4c', 4e'和4g'对准垂直(竖直方向)于放电管2纵向的方向进行有效的会聚控制。这给超薄照明光学系统提供了现有技术所没有的优良的光学特性。

本实施例描述了上面的情形，以这样的方式设置关于准垂直(竖直方向)于放电管2纵向方向的光分布控制，即获得受柱状透镜表面4a和放置在光学元件4入射面侧边上的多对反射面4c, 4e, 4g, 4c', 4e'和4g'控制的准一致的光分布。但是，光分布控制并不局限于此实施例，在光源具有特定的或更大的尺寸的情况下，也可以采用不同的光分布。

即，当光源非常大时，接近于光源的柱状透镜表面的辐射角趋于大幅扩展。另一方面，当反射面放置在最远离光源时，即使光源的尺寸增大到一定程度，提供一种并非非常不同于初始设置的辐射角分布，会聚的程度也不会降低。

因而，控制面接近光源的柱状透镜表面设置为使得从光源中心发出的光通量的分布变得窄于预定的所需光分布。

同样，希望根据离光源中心的位置对每个反射面逐个设置反射后的光分布，以此取代设置均匀重合的光分布。

即，在把本照明光学系统应用到具有可以忽略的一定有限大小的光源情况下，希望预置接近光源的反射面，使得从光源中心发出的光通量的角分布变窄，并且预置远离光源的反射面，使得从光源中心发出的光通量的角分布有所需的光分布特性。

另外，本实施例已经描述了光源元件4入射面上的每个表面形状和出射面上的每个表面形状关于光轴对称的情形，但本实施例并不局限于这种对称的形状。

在此实施例中，光学元件4由光轴两侧上的三层反射面构成，但光学元件4无需总是由相同数量的反射面层构成。例如，在上侧设置两层反射面，在下侧设置三层反射面。在此情形中上下侧中的两层也形成一对。

同样，关于形成在光学元件4出射面上中心区中的棱镜阵列4h，也可以使用左右侧设置有不同角度的棱镜提供左右方向光分布特性的差异。而且，关于周边部分中的菲涅尔透镜部分4i和4i'，也可以提供会聚程度的差异，从而提供整个光分布特性的差异。

图7至图9表示本发明另一实施例的照明装置。图7(a)是上述照明装置的光学系统中主要元件在包含放电管径向的平面上截取的截面图，图7(B)中对图7(a)增加了从光源中心发出的光束的轨迹图，其中在该平面上的垂直方向(垂直于光轴的方向)是垂直于放电管(光源)纵向的方向。另外，图8是上述照明装置的光学系统在穿过放电管纵轴的平面上截取的截面图，图9是上述照明装置的透视图。

在这些图中，标号22表示放电管(氙管)，标号23表示一个反射器。该反射器23具有与上述实施例中几乎相同的功能。但是，如图8和9所示，反射器23的两侧23a和23a'具有平行于光轴L向前直向延伸的形状。

标号24表示一个棱镜状单件式光学元件，在放电管22的光入射平面上，有多对由折射面24b、24d、24b'和24d'和反射面24c、24e、24c'

和 $24e'$ 组成的棱镜部分P，其中折射面在准垂直于放电管22纵向的方向上具有折光力，而反射面对从分布在光轴L两侧上述准垂直方向的这些折射面入射的光几乎满足全反射条件。

另外，如图8所示，在光学元件24处出射面的侧边上有一个在放电管22的纵向有折光力的棱镜阵列24h。作为光学元件24的材料，适于使用高透射率的光学树脂如丙烯酸酯或玻璃，与第一实施例的情形相同。

采用根据本实施例的照明装置使照明光学系统的整体形状非常薄，最大限度地使照明光的辐射范围变窄并减小在放电管22纵向的敞口宽度，实现最小化。下面将利用图7和8解释确定最佳形状的方法。

图7表示上述照明装置在放电管22径向的纵向截面图，并表示将垂直方向的光分布特性变窄到很小辐射范围的基本原理。

图7(b) 表示与图7(a) 相同的部分，但增加了光束的轨迹线。

在这些附图中，表示了作为放电管22的玻璃管的内径和外径。按照与上述实施例相同的方式，把从放电管22的中心发出的光通量认作代表性的光通量，并且图中只表示了从放电管22中心发出的光通量。作为一种实际的光分布特性，如图所示，由于除了代表性的光通量之外，还有从放电管22周边发出的光通量，所以总的光分布特性在稍有扩展的方向上改变，但此光通量的光分布特性具有几乎相同的趋势，因此将根据该代表性的光通量做如下的解释。

首先，将逐个解释上述照明装置光学系统的形状。关于这一部分，出于与上述实施例相同的原因，反射器23的背面在辐射光轴L方向的形状是半圆柱形（以下称作“半圆柱部分23a”），几乎与放电管22同心，并且包括在垂直方向覆盖光学元件24的最外侧反射面 $24e$ 和 $24e'$ 背面的曲面部分23b和23b'以及连接这些曲面部分23b和23b'和半圆柱部分23a的平面部分23c。

然后解释光学元件24的形状。为了构成在光轴方向有最薄形状以及最窄小的辐射角的光学系统，即光学系统具有最好的会聚性能，本实施例如下决定光学元件24每个部分的形状。

首先，如图7(a) 所示，与上述实施例的情形相同，光学元件24

由多个对从每个折射面入射的大部分光有全反射作用的反射面构成。但是，与上述实施例的光学元件4不同之处在于反射面24c、24e、24c'和24e'形成两层，其方式是每一层关于光轴L在垂直方向对称。最外面棱镜部分P中折射面和反射面之间在垂直方向的边界边缘E位于与放电管22的中心在光轴L的方向几乎相同的位置。

此处，因为需要每个反射面为非球面、以便获得精确的光分布，并考虑到提供多个这种复杂的非球面形状很可能会进一步使磨具制作的构型变复杂，所以减少分开的反射面数量（层数）。

因而，在光学元件的光轴两侧形成至少两层反射面将使光学元件以及还有照明装置较薄。

光学元件24由下面将要解释的下列部分组成。首先，在辐射光轴L通过的中心区域形成柱状透镜表面24a，并且在柱状透镜表面24a外侧的光轴L两侧关于垂直方向对称地形成包括第一折射面24b和24b'及第一反射面24c和24c'的棱镜部分P。

在这些棱镜部分P外部，在光轴L的两侧关于垂直方向对称地形成包括第二折射面24d和24d'以及第二反射面24e和24e'的其它棱镜部分P。另外，在出射面上形成由多个棱镜组成的棱镜阵列24h。

下面将利用图7(b)中的轨迹线解释具有这种形状的光学元件24的光学作用。

首先，向着辐射光轴L附近的光通量通过形成在光学元件24a出射面上的具有正折光力的柱状透镜表面24a，变成相对于此部分平行于光轴的光通量，并再从出射面射出（棱镜阵列24h）。

然后，从放电管22中心以较大的角度向上或向下发出的光通量分量经平面组成的第一折射面24b和24b'折射，进入棱镜部分P，并且光通量的大部分被预定曲面制成的第一反射面24c和24c'全反射，变成平行于该部分光轴L的光通量，并再从出射面（棱镜阵列24h）射出。

另外，从放电管22中心以较大的辐射角向上或向下发出的光通量分量经平面组成的第一衍射面24d和24d'折射，进入棱镜部分P，并且大部分光通量被预定曲面制成的第二反射面24e和24e'全反射，变成平

行于该部分光轴L的光通量，并再从出射面（棱镜阵列24h）射出。

因而，从放电管22中心发出的光通量被柱面24a和四个折射面及反射面的光学作用分成总共五个区域的光通量分量，并且所有区域的光通量变成平行于该部分光轴的光通量。这样提供了一个具有窄小辐射范围和高会聚性能的光分布。

因而，把为光学元件24提供的反射面分段成比现有技术中小的部分使得能够象上述实施例中的情形一样地进一步减小光学元件24的厚度。另外，因为折射面和反射面之间界面的边缘E放置在远离放电管22的中心，所以可以防止光学树脂材料的光学特性由于受光源辐射热量的影响而衰减。

下面将利用图8对根据本实施例的照明装置在放电管22纵向的形状进行描述。

图8是照明装置在包含放电管22中心轴的平面的截面图。如图所示，光学元件24的出射面由多个棱镜组成的棱镜阵列24h构成，每个棱镜有两个相同角度的斜坡。利用此棱镜阵列24h的会聚效果几乎与上述实施例的相同。

在此截面图中，本实施例的特点在于反射器23的两侧23a和23a'准平行于光轴L向前延伸，还在于光学元件24的整个出射面由棱镜阵列24h构成。

这是一种用于把入射到光学元件24出射面上整个棱镜表面上的光通量转变成具有与位置无关的均匀角分量的光通量。

即，这是一种不仅用于通过使反射器23的侧面23a和23a'准平行于光轴向前延伸而防止光通量从存在于光学元件24侧面上的大散口射出的结构，而且也是一种通过以同于入射角的角度将反射光通量返回到放电管22侧而防止入射到光学元件24棱镜阵列24h的光具有方向性，并使所有的光通量进入放置在处于相同条件下的光学元件24前面的棱镜阵列24h的结构。

因而，可以通过利用光学元件24出射面一侧上的棱镜阵列24h对放电管22的纵向执行会聚控制、并通过设置在放电管22侧面上的柱状透

镜表面24a的折射进行有效的会聚控制以及多对反射面24c、24e、24c'和24e'对准垂直于放电管22纵向（垂直方向）的方向反射而提供具有前所未有的高方向性的薄形照明光学系统。

如图7(b)所示，本实施例进行控制，使得从放电管22中心区域的附近发出的光通量变成平行于光轴L，但在光源是一个点光源的情况下，可以提供一个具有极窄的辐射范围的照明光学系统，如图中所示。然而，因为放电管22的发光部分实际上存在于一个等于放电管22内径的有限光发射区，所以本实施例提供这样一种光分布特性，即光通量在以辐射光轴的附近为中心的一定角度范围内扩展，并非在如图所示的极窄的辐射角度范围内扩展。

实际测量表明中心光量的一半光量以及相对于截面方向扩展大约15°的辐射角，如图中所示。

图10(a)和10(b)表示本发明另一实施例的照明装置。本实施例是对第一实施例的一个改型实例，图10(a)是上述照明装置光学系统主要元件的纵向截面图，图10(b)对图10(a)的截面图加入了光源中心发出的光束的轨迹线。

因为该部分以外其余区域的形状几乎与第一实施例的形状相同，所以在此将省去其细节的视图。

本实施例通过第一实施例中光学元件上下侧的三个反射面形状的变形而获得，从而减少了第一实施例中解释的垂直方向上照明装置的大小。

在图10(a)中，第一实施例光学元件4的形状由两点式虚线表示，本实施例光学元件34的形状由实线表示。

根据本实施例，光学元件34在垂直方向的尺寸L1小于第一实施例中光学元件4在垂直方向的尺寸近似20%。另外，照明光的辐射角和光分布特性几乎与第一实施例的相同。

图10中标号32表示放电管，标号33表示反射器，标号34表示光学元件，这些元件的功能几乎与第一实施例的相同。但是，放电管32侧上光学元件34的形状和每个反射面的具体形状是本实施例的特征，并

且本实施例预定通过优化这些形状而小型化。

在相同的附图中表示了放电管32的玻璃管内外直径。与上述两个实施例的情形相同，为了解释的简单性，假设从放电管32中心发出的光通量是代表性的光通量，并且在图中只示出了从放电管32中心发出的光通量。做为实际的光通量分布特性，光分布特性在这一方向上有变化，其中由于除图中所示的代表性光通量以外从放电管32周边部分发出光通量，整体的光分布轻微扩展，但光分布特性具有几乎相同的趋势，因此下面将根据代表性的光通量解释本实施例。

首先，将顺次解释上述照明装置中照明光学系统的形状。关于图10所示的反射器33部分，出于与上述两个实施例相同的原因，假设反射器33的背面在辐射光轴L方向的形状为半圆形（以下称作“半圆柱部分33a”），几乎与放电管32同心，并且反射器33还配置有曲面部分33b和33b'以及平面部分33c和33c'，曲面部分覆盖光学元件34的垂直方向上最外侧棱镜部分P的反射面34g和34g'的背面，平面部分连接上述的两个曲面33b和33b'以及半圆柱形部分33a。

接下来将解释光学元件34的形状。为了减小光学元件34在垂直方向的大小并获得与第一实施例中相同的所需辐射范围的均匀光分布特性，本实施例如下优化了每个部分的形状。

首先，如图10(a)和10(b)所示，光学元件34还有三层与第一实施例相同方式设置的反射面34c、34e、34g、34c'、34e'和34g'，而被这些各个反射面反射的光通量的光分布与第一实施例的不同。

即，本实施例提供了这样一种形式的被各个反射面反射的光通量的角特性，即最接近光轴的光通量分量变成几乎平行于光轴的分量，并且当入射到反射面的光远离光轴L时光通量与光轴L相交的角度逐渐增大。

换言之，每个反射面做成这样的形状，只在对应于光轴一侧一半区域的范围内有均匀的辐射分布。

然后，把每个反射面相对于光轴对称地放置，从而获得整个所需辐射范围一样的均匀光分布特性。下面将具体解释该形状。

下面将解释光学元件34每个部分的形状。首先，在辐射光轴L通过的中心区域形成一个柱状透镜表面34a，并且包括第一折射面34b和34b'的、在以柱状透镜表面34a外侧的垂直方向的光轴L为对称中心的上下侧形成第一反射面34c和34c'的棱镜部分P。

在这些棱镜部分P外侧，在以垂直方向的光轴L为对称中心的上下侧形成包括第二折射面34d和34d'以及第二反射面34e和34e'的其它棱镜部分P。

在这些棱镜部分P外侧，在以垂直方向的光轴L为对称中心的上下侧还形成包括第三折射面34f和34f'以及第三反射面34g和34g'的其它棱镜部分P。另外，在出射面34h上形成一个棱镜阵列。

下面利用图10b中的光的轨迹线解释图中所示结构的光学元件34的光学作用。

首先，导向辐射光轴附近的光通量变成具有光分布特性的光通量，该光通量通过形成在光学元件34入射面上的具有正折光力的柱状透镜表面在该部分所需的辐射范围内是均匀的，再从出射面34h射出。因为此光通量与第一实施例完全相同，所以图10(b)中将其省去。

然后，以较大角度从放电管32的中心向上和向下发出的光通量分量经平面制成的第一折射面34b和34b'折射，进入棱镜部分P，并且大部分光通量被预定曲面制成的第一反射面34c和34c'全反射，由平行于光轴L的光通量分量变化，其变化方式为光通量分量与光轴L相交的角度逐渐增大（导致图中在上下侧有一定角度的分布）。然后，光通量从出射面34h射出。上下光通量分量辐射范围的合并使得能够获得整体上均匀的光分布特性。

另外，从放电管32中心以较大的角度向上和向下发出的光通量分量经平面制成的第二折射面34d和34d'折射，进入棱镜部分P，并且大部分光通量被由预定曲面制成的第二反射面34e和34e'全反射，从平行于光轴L的光通量分量变成图中向下和向上传播的分量，因此可以在与上述第一反射面34c和34c'的光分布几乎相同的辐射范围内获得光通量。然后，合并这两个区域中的光通量分量，使得能够获得均匀的光

分布。

另一方面，从放电管32中心以较大的角度向上和向下发出的光通量分量经平面制成的第三折射面34f和34f'折射，进入棱镜部分P，并且大部分光通量被由预定曲面制成的第三反射面34g和34g'全反射，从平行于光轴L的光通量分量变成图中向下和向上传播的分量，因此可以在与上述第一反射面34c和34c'的光分布几乎相同的辐射范围内获得光通量。然后，合并这两个区域中的光通量分量，使得能够获得均匀的光分布。

因而，从放电管32中心发出的光通量被柱面34a和三对折射面及反射面的光学作用分成总共四个区域的光通量分量，并且这四个区域的光通量分量以相对于图10所示部分相同的光分布彼此重叠，使得能够构成一个整体上具有均匀光分布的照明光学系统。

因而，把光学元件34的反射面分段形成比现有技术中小的部分使得能够象第一和第二实施例中的情形一样减小光学元件34的厚度。另外，因为折射面和反射面之间界面的边缘E放置在远离放电管32的中心，所以可以防止光学树脂材料受光源辐射热量的影响并防止由此对光学特性的不利影响。

另外，做为本实施例的效果，可以减小敞口在垂直方向的宽度（高度）并通过把受光学元件34的各个反射面控制的光分布限定到上半部或下半部而显著地减小此类照明光学系统在垂直方向的敞口大小。

图11和图12是本发明另一实施例的照明装置的结构。这是上述第二实施例的改型实例。图11是照明装置光学系统的主要元件的透视图，图12是光学元件单独的后视图。因为光轨迹线和光分布特性等几乎与第二实施例的相同，所以省去对其的详细描述。

本实施例是第二实施例中解释的照明装置光学元件的入射面一侧上形状的三维改型，主要欲改进朝向物体表面上四个角的光分布特性。

在图11和12中，标号42表示放电管，43表示反射器，44表示光学元件。这些元件的功能几乎与第二实施例的相同，但本实施例的特点主要在于放电管42侧上光学元件44的每个面的形状。

在这些附图中，反射器43的背面在辐射光轴方向的形状是半圆柱形（以下称作“半圆柱部分43a”），几乎与放电管42同心，并且反射器43还配置有在垂直方向覆盖光学元件44的最外侧反射面44e和44e'背面的复曲面43b和43b'以及连接上述两个复曲面和半圆柱部分43a的平面部分43c和43c'。

另一方面，与第二实施例的情况一样，光学元件44包括一个透镜表面44a和每层具有一个折射面的两层棱镜部分，其中透镜表面44a在入射面一侧上的中心区域中垂直于光轴的方向（竖直方向）具有正折光力，入射面上周边部分中的反射面形成在上下两侧。

但是，本实施例与第二实施例的不同之处在于中心透镜表面44a和反射面44c、44c'、44e和44e'由三维曲面构成。

更具体地说，透镜复曲面44a形成在辐射光轴L穿过的中心区域作为折射面，第一锥形折射面44b和44b'以及构成棱镜部分的复曲面形的第一反射面44c和44c'对称地形成在透镜复曲面44a外侧的垂直方向。

在此表面以外，由锥形第二折射面44d和44d'以及复曲面形的第二反射面44e和44e'构成的棱镜部分对称地形成在垂直方向。在出射面上形成棱镜阵列44h。

下面将解释会聚操作以及以这种方式对光学元件44成形所产生的效果。

首先，关于中心的折射面44a，在垂直方向上的中心区域部分几乎与第二实施例中图7(b)所示的相同，但其形状朝着周边部分逐渐变化，垂直宽度也变化，且每个部分的折光力也逐渐地变化。

这使得能够使系统的总体光分布特性均匀，并且防止光分布的差异，即物体辐射面上的光分布变曲折，这种情况很容易在棱镜部分P的折射面和反射面之间的边界边缘发生。

另外，利用不仅是对于上述中心区域而且还有对于周边部分中的反射面44c、44c'、44e和44e'的复曲面形结构，其中该结构上在水平方向和垂直方向的截面形状根据它们各自的位置逐渐变化，使得能够在辐射范围内提供朝向所有四个角的均匀的光分布特性。

因而，关于从放电管42中心发出的光通量，可以构成一个具有窄小的辐射角度范围的照明光学系统，该系统通过由复曲面44a和一对复曲面构成的每个反射面的作用而具有整体上高度会聚的光分布。

另外，把光学元件44的反射面分段形成比现有技术中小的部分，使得能够象上述实施例中的情形一样减小光学元件44的厚度。另外，因为折射面和反射面之间界面的边缘远离光源的中心，所以可以防止光学树脂材料受光源辐射热量的影响，并减少对光学特性的不利影响。

另外，利用中心区中的折射面和每个反射面的复曲面形结构，本实施例具有这样一种特殊的效果，即能够很容易地构成在辐射范围内的四个角上有均匀光分布特性的照明光学系统，该系统无需任何附加的特殊光学系统。

如上所述，上述实施例包括多个带有折射面和反射面的棱镜部分，棱镜部分分布在准垂直于光源纵向的方向上，具有全反射作用，使得能够显著地减小光学元件的厚度，并因而减小整个照明装置的厚度。而且，利用通过反射的会聚作用使得能够有效地利用光源的光以及实施照明装置，该装置尺寸减小但光学特性优良。因而，本实施例可以提供最适于安装到小的图像拾取装置、如卡片式相机上的照明装置。

尤其是因为光受光学元件的折射及全反射的控制，所以有光量的损耗，并且可以控制棱镜内部的所有光，并显著地减小整个照明装置的尺寸。

另外，恰当地确定光学元件反射面的形状能够使得较容易地获得在辐射区域上几乎均匀的光分布。

顺便说一下，还可以利用单个光学元件单独地控制光源发出的直接通向接近光轴的光分量的光分布和与光轴形成特定角度的反射光分量的光分布，其中单个光学元件通过在光学元件的入射面上形成在准垂直于光源纵向的方向上的中心区域具有正折光力的透镜部分和在周边部分形成上述多个棱镜部分。

然后，通过确定多个棱镜部分每个面的形状，使从光学元件经这些棱镜部分发出的光的辐射范围实质上与经透镜部分发出的光的辐射

范围匹配（重叠），可以获得在照明光的辐射区域上几乎均匀的光分布特性。

图13至图17表示本发明另一实施例的照明装置，本实施例尤其展示了一种组合到相机中的电子闪光灯装置。图13是上述照明装置的光学系统在包含放电管径向的平面（垂直于放电管纵向的平面）上的纵向截面图，图14是上述照明装置的情况和没有上述照明装置的特征的情况的比较，图15是上述照明装置的光学系统在包含放电管中心轴平面的截面图，图16是上述照明装置的光学系统的分解透视图，图17是用于上述照明装置的光学元件从背面观察时的透视图。图18表示配置有上述照明装置的相机。

图13至图15还表示了从光源中心发出的代表性光束的轨迹线，并且尤其图13和14表示从光源中心发出到同一部分上的根据入射到光学元件上的不同位置而不同的光通量分量。

首先，图18(a) 表示组合本实施例的照明装置的袖珍相机，图18(b) 表示组合本实施例的照明装置的卡片式相机。

在这些图中，标号211表示相机的主体，标号212表示一个几乎放置在相机主体211前侧中心的照相透镜的镜筒。标号201是放置在相机主体211右上位置的本实施例的照明装置。

标号213表示快门释放按钮，217表示测量外部光学亮度的光度仪视窗，218表示取景器的视窗。

另外，标号214表示一个移动摄影镜头的操作元件，向前按压此操作元件可以使图像拉近，向后压此操作元件可以使图像拉远。标号215表示一个在相机的各种模式之间切换的模式设置钮，216表示告知相机操作用户的液晶显示窗。组合本发明照明装置的相机不限于图18所示的相机，本发明的照明装置也可以组装到其它的相机中（单透镜反射式相机和摄像机等）。

下面将利用图13至图17解释决定本实施例照明装置的光学特性的元件。

在这些图中，标号102表示柱状发光放电管（氙管）。标号103表

示一个反射器（反射元件，第一反射器），在发光放电管102发出的光通量的辐射光轴L的方向上向前反射向后和向上/向下传播的光通量分量。此反射器具有金属材料如发光铝或树脂材料制成的高反射率内表面，树脂材料具有其上形成有高反射率的金属蒸发面的内表面。

标号104表示一种单件透明体制成的光学元件。形成中心区域，辐射光轴L穿过该区域到光学元件104的入射面一侧和柱状透镜表面104a，该区域在准垂直于发光放电管102纵向的方向上有正折光力。在上下周边部分104b和104b'中形成一个平行的平面。另外，在柱状透镜表面104a和上下周边部分104b及104b'之间形成一对分别由折射面（入射面）104c和104c'及反射面104d和104d'组成的棱镜部分（反射部分）P。

为了更容易理解光学元件104的形状，图17表示从光学元件104背面观察的透视图。做为上述光学元件104的材料，高透射率光学树脂材料如丙烯酸树脂或玻璃材料是合适的。

例如当把相机的工作模式和上述结构中的照明装置设置为“电子闪光自动模式”时，用户压下快门释放按钮213之后，中心处理单元（未示出）根据测光表（未示出）测得的外界光亮度、所装胶片的感光度和图像拾取装置例如CCD或CMOS的特性决定是否允许照明装置201发光。

当照像时中心处理单元决定“照明装置应该发光”时中心处理单元输出发光信号，并且发光控制电路（未示出）指示发光放电管202经连接到反射器203的触发器导线发光。

从发光放电管202发出的光通量，在辐射光轴L方向向后以及向上/向下发出的光通量被反射器203反射，进入位于前侧的光学元件204中，而在辐射光轴L方向向前发出的光通量直接进入到光学元件204中，并且此光通量被光学元件204变为具有预定光分布特性的光通量，然后再辐射到物体上。

下面将利用图13至15解释根据本实施例设置照明装置光学系统的最佳方法，其中照明装置的光学系统形状很薄，能够在所需的辐射范

围内均匀有效地辐射照明光。

图13和图14是根据本实施例的照明装置在包含发光放电管径向的平面截取的纵向截面图，并且还表示了用于优化垂直方向上光分布特性的基本原理。图13(a)和图13(b)以及图14(a)和图14(b)表示在不同情况下相同部分上的光轨迹线，图中的标号对应于图15至图17的标号。

在这些附图中还表示了发光放电管102的玻璃管的内外径。与此类照明装置的发光放电管的实际发光现象一样，光通常从整个内径中发出，从而提高了效率，并且可以合理地认为，光实质上从发光点穿过放电管的内径均匀地发射。为了简化解释，假设从放电管102、即光源中心发射的光通量是代表性的光通量，图中只表示了此代表性的光通量。与实际的光分布特性一样，总的光分布特性在光通量轻微扩展的方向有所变化，这是由于除了图中所示的代表性光通量之外，还有从发光放电管102周边发出的光通量，但是此光通量几乎具有一致的光分布特性的趋势，因此根据此代表性的光通量进行下面的解释。

面对光源中心的反射器103的背面在辐射光轴L方向的形状是半圆形（以下称作“半圆柱部分103a”），几乎与发光放电管102同心。也就是这种形状，即把被反射器103反射的光又有效返回到光源中心附近，并且具有防止发光放电管102的玻璃部分的折射的不利影响。

另外，这种结构使得能够把反射器103反射的光当作几乎与光源直接发出的光相等的出射光，由此减小了这种光学系统的整体尺寸。

此外，反射器103具有半圆形形状的原因在于具有比该形状小的尺寸将需要光学元件104的尺寸增大，以便在垂直方向会聚光通量，而具有比该形状大的尺寸将增大捕获在反射器103中的光通量，导致效率的降低。

另一方面，反射器103的上下周边部分103b和103b'如此形成以覆盖发光放电管102和光学元件104之间的正面空间并形成有一个曲面，使得被这些周边部分反射的光通量具有特定的均匀的光分布特性。

下面解释给予本照明装置的光分布特性以最大影响的光学元件

104的形状。本实施例采取下面的外形、即光轴方向最薄的外形在所需的辐射范围内获得均匀的光分布。

首先，如图13 (a) 所示，在光学元件104入射面上的中心区域形成一个在垂直于辐射光轴L的平面内的具有正折光力的柱状透镜表面104a。通过这种方式，从接近发光放电管102发出的光通量的辐射光轴L通过的光通量变成在预定的角度范围内有均匀光分布的光通量，再从光学元件104的平面104e射出。

此处，为了有均匀的光分布特性，光学元件104的柱状透镜表面104a构造成具有一种连续的非球面形状，使得放电管102中心出射光的角度与出射光通过光学元件104的角度之间建立一种正比关系，并且光通量以特定的比例会聚。

然后，如图13 (b) 所示，从放电管102中心发出的光通量，对与光轴形成大角度并直接入射到反射器103周边部分103b和103b'的光通量分量进行解释。此处，反射器103周边部分103b和103b'的形状如此成形，使在反射之后上述元件几乎具有相同的辐射角度范围和均匀的特性，如图13 (a) 所示。

被反射器103的周边部分103b和103b'反射的光通量从光学元件104的周边部分104b和104b'进入到光学元件104并从出射面104e射出。但是，光学元件104周边部分104b和104b'在垂直于辐射光轴L(垂直方向)的方向没有光焦度(power)，并且通过该区域的光通量以被反射器103的周边部分103b和103b'调节的相同的光分布特性辐射。

因而，反射器103的周边部分103b和103b'具有把直接从放电管102进入的光通量均匀会聚到特定的角度范围内并把反射的光通量导向光学元件104周边部分104b和104b'的狭窄通过区。结果，可以获得如图13(a)所示的关于所需的辐射范围有均匀的光分布。另外，反射器103的周边部分103b和103b'以及柱状透镜表面104a形成彼此完全不同的光路，进行会聚(辐射)控制。

下面将利用图14 (a) 解释经过棱镜部分的光路，其中该部分是本实施例最有特点的结构。为了使解释便于理解，将在图14 (b) 中展示

一个不设置棱镜部分的实例。

首先，如图14（b）所示，当该部分的光学系统只由上述图13（a）所示的柱状透镜表面104a的折射区和图13（b）所示的反射器103的反射区构成时，在所需的辐射范围内不可避免地将产生其辐射不受该区域控制的穿过的光通量。

即该光通量由图14（b）中的两点式虚线A、A'和B、B'表示，在此结构中实现有效的会聚作用将需要反射器103以及光学元件104的尺寸相当多地增大。

此大尺寸光学系统的一个例子是具有半椭圆形反射器的光学系统，其焦点近似与光源的中心重合，并且被反射器反射的光的辐射角分布与被反射器孔径限制的直射光分布匹配。

但是，在此情况下，除非光学系统在光轴方向的深度非常大，否则不可构成本系统。

相反，如图14（a）所示，当棱镜部分P设置在入射面上的柱状透镜表面104a和光学元件104的周边部分104b和104b'之间时，入射到由平面组成的折射面104c和104c'上的光通量（由图14（b）中两点式虚线A、A'和B、B'表示的光通量）经折射面104c和104c'折射，进入到棱镜部分中，几乎被预定曲面制成的反射面104d和104d'全反射，并变成具有几乎与图13（a）和图13（b）所示的辐射角分布相同的光分布特性的光通量。

此处，如图中所示，入射到折射面104c和104c'上的光通量的角度范围与图13（a）和13（b）所示的光通量角度范围相比相当窄。为此，要把入射到反射面104c和104c'上的光通量适配到图13（a）和图13（b）所示的辐射角度范围中，需要以这种方式确定反射面104c和104c'的形状，即反射光的辐射角度范围以特定的比例扩展。

根据这一概念，本实施例把反射面104d和104d'的形状优化为非球面形状，使得入射到折射面104c和104c'上的光通量的辐射角度范围实质上与图13（a）和图13（b）所示柱状透镜表面104a和反射器103的辐射角度范围匹配（重叠）。

因而，从放电管102中心发出的所有光通量被图13(a)所示的柱状透镜表面104a、图13(b)所示的反射器103的周边部分103b和103b'，以及图14(a)中所示的棱镜部分P(折射面104c和104c'及反射面104d和104d')各自的光学作用变成在垂直于放电管102纵向(垂直方向)的方向上有均匀光分布的光通量，并且辐射角度范围的这三种类型及总共五层重叠，提供了一种获得整体上均匀光分布特性的有效途径。

另一方面，如上所述，从放电管102中心向后发出的光通量被反射器103的半圆柱形部分103a反射，再通过放电管102的中心，并再在辐射光轴L方向射出。之后，光束的行为与图13(a)、图13(b)和图14(a)解释的相同。

以下利用图14(a)解释光学元件104的柱状透镜表面104a、反射器103和光学元件104的棱镜部分P之间的最佳分布比。

本实施例中，优选图13(a)中所示柱状透镜表面104a的区域和图13(b)中所示反射器103的反射区形成一个基本的会聚光学系统，并且与这些区域连接的最小区域由一个反射光学系统(以下称作“全反射区”)利用棱镜部分P的全反射作用构成，其光路如图14(a)所示。

对于这些棱镜部分P的全反射区，最好由连接放电管102的中心和棱镜部分P的全反射区的端部之间的直线与辐射光轴L形成的角度 α 满足下列角度范围：

$$20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ \dots (1)$$

此处，如果角度 α 小于公式(1)的下限 20° ，则大部分入射光通量被反射光学系统本身的反射面104d和104d'全反射变得很困难。即，如果 α 角度小于 20° ，则棱镜部分P的角度变得相当尖锐，需要一个在厚度方向很深的形状。这将使得不仅很难构造薄形的光学系统，而且制造起来也很困难，但薄形的光学系统是本实施例的一个主题。

另一方面，当角度 α 大于公式(1)的上限 70° 时，反射器103的会聚区减小，反射区被分成反射器103的反射区和棱镜部分P本身的反射区这一事实变得没有意义。即，虽然可以通过此次提出的光学系统划分光路并通过反射器103的独立控制在所需的辐射角度范围内实现均

匀的光分布控制，但此区域中的光路没有被有效地使用。另外，当角度 α 大于上限 70° 时，垂直方向上光学系统的孔径增大，在这种情况下可以减小厚度但增大垂直方向的孔径将导致光学系统的整体尺寸增大，这是不希望的。

做为一种理想的模式，最好把此全反射区域变窄为一种必须的最小值，并且以减少光量损耗的方式组建该系统，这种结构使得可以在厚度方向变为最小，使其形状简单并使系统易于处理。

从上述情况来看，本实施例将此全反射区设置在从 40° 到 60° 的 20° 范围作为优化范围。

下面将对折射面104c和104c'的最佳形状做出解释，其中该折射面把光通量导向图14（b）中所示棱镜部分P的反射面104d和104d'。

从图14（a）中明确看出，从放电管102中心发出的光通量通过折射面104c和104c'大幅地折射，导入远离辐射光轴L的方向，并到达反射面104d和104d'。这些折射面104c和104c'的理想形状是允许放电管102发出的最大部分的光通量导向反射面104d和104d'的一种形状，为此目的，有效地采用一种使光通量被折射面104c和104c'急剧折射的结构。

这将导致缩短反射面104d和104d'以及在厚度方向上光学系统尺寸的减小。

做为一种特定的形状，最好是平面的折射面104c和104c'相对于辐射光轴L的梯度是 0° 。但是，由于涉及到光学元件104的可模制性带来的加工精度的原因，很难实现梯度为 0° 的平面。因此，还考虑到加工的需要，本实施例将这些折射面104c和104c'构成为相对于光轴L的梯度 θ 为 4° 或更小的平面。也可以用曲面构成这些折射面104c和104c'，这样更易于制造。

另一方面，本实施例希望通过把光学控制区分区成较小的部分并彼此叠置不同控制区的辐射范围，而具有前所未有的本实施例特有的特性效果。

首先，反射面由不同类型的材料制成的离散表面构成，替代现有

技术中连续分布在辐射光轴方向的表面，并且这些反射面在准垂直于辐射光轴L的方向上放置成彼此重叠。

这种结构使得可以显著地减小照明光学系统在深度方向的厚度，这是本实施例中最突出的特征。即如同利用图13(a)、13(b)和图14(a)所做的解释，反射面104d和104d'放置成第一反射层，反射器103的周边部分103b和103b'，即第二反射层、放置在反射面104d和104d'以外与其重叠的光轴L方向的位置，因而使得可以减小反射面在光轴L方向的总长度。

其次，可以显著地减小光学元件104本身的厚度。即，光学元件104所需的结构只包括接近辐射光轴L的具有正折光力的柱状透镜表面104a和棱镜部分P，以便分开从放电管102直接入射的光通量和被反射器103反射的光通量，并且可以减小最外侧区域的周边部分104b和104b'的厚度。它们的形状简单，但具有足够的功能，这使得能够显著地减小光学元件104的总体厚度。

这使得不仅能够提高光学元件104的可模制性，而且可以在光通过树脂材料时减小光量的降低。还可以对图像拾取装置及其它与此照明装置安装到一起的光学仪器的重量减轻有利。而且，最外侧表面的形状非常简单，由较少光学限制的表面构成，因此易于保持光学元件104，并且甚至在安装到各种光学装置上时，也不需要采取任何特殊的支撑结构，提供了一个非常易于加工的结构。

第三，采用多个反射层可以避免常规的光导型电子闪光的问题，即当把一个树脂光学材料制成的光学元件放置得接近光源时，光源产生的热量令光学元件变形，使得不能够获得依据发光条件的原始光学特性的问题。即以这种方式提供多层反射面，使得可以把光学元件的折射面和反射面之间界面的最易受热损坏的边缘E放置得远离光源，并且还可以扩展发光放电管102周围的空间，因此可以把树脂材料(光学元件104)受到的连续光发射期间产生的辐射热以及对流热的影响减到最小，并且防止光学性能的衰减。

因而，本实施例可以构造出一种形状小而薄并且极有效的照明光

学系统，该系统利用较少的元件如反射器103和光学元件104而具有较少的由于辐射到所需辐射范围以外的光损耗。

接下来，利用图15解释本实施例的放电管在纵向的会聚作用。

图15表示光学系统在包含发光放电管102中心轴的平面的截面图，还表示从放电管102纵向中心和径向中心发出的光的轨迹线。

如图所示，光通量从中发出的光学元件104的一侧由形成在放电管102纵向中心区的棱镜部分104f和形成在周边部分中的菲涅尔透镜部分104g和104g'构成，棱镜部分有两个角度相同的斜坡。在本实施例中，棱镜部分104f在中心区的顶角固定为105°。

以这种角度设置形成的光学元件104的中心区域中的棱镜部分104f具有允许有较大入射角（入射后在棱镜部分的角度是30° - 40°）的光通量分量以与在入射面上折射的相同的角度从平面射出的效果，即允许此光通量以对出射面上的折射有较小影响地出射并把入射光通量会聚到特定辐射角度范围内的光通量的效果。

本实施例已经描述了棱镜部分104f的顶角固定为105°的情形，但本实施例并不局限于这种角度，例如把该角度设置成一个较小的角度90°，可使得在光通量从光学元件104出射后缩窄辐射角度范围。另一方面，例如把顶角加宽到120°，将使得可以在光通量从光学元件104出射后加宽辐射角度范围。

另一方面，如图15所示，入射到棱镜部分104f上的部分光通量几乎被棱镜表面全反射并再返回到放电管102侧。这些光通量被反射器103反射，进入到光学元件104中，被棱镜部分104f或菲涅尔透镜部分104g和104g'变成预定的角度部分并再辐射到一个物体上。

因而，从放电管102的中心发出的大部分光通量变成具有特定角分布的光通量，并从光学元件104射出。在这种情况下照明光的光分布只依赖于棱镜部分104f顶角的角度设置，不受棱镜部分104f的间距等因素影响。因而，可以在极浅的区域中进行会聚控制，而对光轴L方向的深度没有需要，因此极大地减小了整个光学系统的尺寸。

另外，如图所示，菲涅尔透镜部分104g和104g'形成在光学元件104

出射面上的周边部分中。虽然光学元件104构成的形状较薄，但光学元件104周边的区域是一个光通量有一定方向性的区域，在此部分中形成菲涅尔透镜部分使得能够较有效地进行会聚作用。

图15表示没有突出的会聚作用，但这是因为只表示了从放电管102中心发出的光通量，关于从放电管102两端的端部周边发出的光通量，相当大部分的光通量变成集中在辐射光轴L附近的分量。

因而，调节光学元件104出射面的形状甚至使得接近放电管102的非常薄形的光学系统能够有效地把辐射光通量会聚到一定的角度范围内。

而且，放电管102纵向（水平方向）的光分布由光学元件104出光侧上的棱镜部分104f和菲涅尔透镜部分104g和104g'的会聚作用控制，在垂直于放电管102纵向（垂直方向）的方向上的光分布由光学元件104入射面一侧上柱状透镜表面104a、棱镜部分P和反射器103的有效会聚作用控制。这提供了一种前所未有的具有优良光学特性的薄形照明光学系统。

本实施例描述了这种情形，即通过设置在光学元件104入射面侧上的柱状透镜表面104a、棱镜部分P和反射器103把光分布分为三种类型的区域和五层来控制垂直于放电管102纵向的方向上的光分布，使得各个区域的辐射角度范围彼此重叠（匹配）。但是，本发明不限于这种模式。

即，当光源具有一个超过特定值的尺寸时，也会有这样的情况，即最好对辐射角度范围进行区分（differentiate）。例如，当光源很大时，接近光源的柱状透镜表面的辐射角具有大幅扩展的趋势。另一方面，在最远离光源的反射器的控制下，既使光源很大，光通量分量的会聚度也不降低，并且光通量分量有一种不太偏离初始设置的辐射角分布的分布。

由此，最好把柱状透镜表面设置得接近光源，使得从光源中心发出的光通量的辐射角度范围窄于预置的所需辐射角度范围。同样，关于反射器和棱镜部分，最好在反射之后根据距离光源中心的位置逐一

设置辐射角度范围，以此取代均匀的设置一个公共的辐射角度范围。

即，当把类似于本实施例的照明光学系统应用到具有不可忽略的有限大小的光源中时，优选预设一个接近光源的区域，使得从光源中心发出的光通量的角度范围变窄，并且设置远离光源的棱镜部分，使得从光源中心发出的光分布特性变为所需的光分布特性。

另外，代替彼此重叠所有的辐射角度范围，也可以为每个区域确定一个辐射角度范围，使得当合并时，可以获得总体上均匀的分布。

另外，本实施例已经描述了光学元件104的每个入射面结构和每个出射面结构关于光轴L对称的情形。但本实施例不局限于这种对称的形状。

例如，光学元件104入射面一侧上的棱镜部分P关于光轴L对称放置，但不需要把棱镜部分P放置在这种对称位置，可以放置成不对称。这不仅对于棱镜部分P成立，对于中心区域中反射器103的形状和柱状透镜表面104a的形状也是如此。

另外，对于形成在出射面一侧放电管102纵向中心的棱镜部分104f，也可以使用左右侧有不同角度设置的棱镜，从而提供在向右和向左方向之间光分布特性的差异。或者关于菲涅尔透镜部分104g和104g'，也可以提供会聚度的差异以及总体光分布特性的差异。

另外，本实施例描述了反射器103的周边部分103b和103b'的形状为非球面、从而使得光源中心发出的光通量在辐射表面有均匀分布的情形，但反射器103的形状不限于这种形状。例如，该形状也可以是半椭圆，其焦点位置与光源的中心重合。

因而，通过构造带有半椭圆表面的反射器103的周边部分并把半椭圆表面的另一焦点位置放置得接近光学元件104的出射面，可以使反射器103控制的光通量会聚到一个较窄的范围内并把垂直方向上照明光学系统的孔缩小到一个最小的尺寸。

另外，本实施例已经描述了形成在光学元件104中心区域的柱状透镜表面104a的形状为非球面的情形，但柱状透镜表面104a并不总限定为非球形，也可以是圆柱形。考虑到放电管102在纵向的会聚性能，圆

柱形透镜表面104a也可以是复曲面的透镜表面。

图19和图20表示本发明另一实施例的照明装置，并且本实施例尤其表示一种组合到发出电子闪烁光的相机中的装置。图19和20是上述照明装置的光学系统在包含放电管径向的平面截取的截面图，还表示从光源中心发出的代表性光的轨迹图。另外，图19和图20表示根据光入射到光学元件上的位置而从光源中心发出到相同部分的光通量。

在这些附图中，标号122表示发光放电管（氙管），123表示一个反射器。反射器123有着与上述实施例（参见图13至18）中的反射器103几乎相同的形状，在辐射光轴L方向面对光源中心的反射器123的背面形成为半圆柱形（以下称作“半圆柱部分123a”），与发光放电管122几乎同心。另外，形成的反射器123的周边部分123b和123b'覆盖发光放电管122和光学元件124之间的正面空间，周边部分123b和123b'由二阶准椭圆曲面构成，使得从周边部分反射的光通量集中到光学元件124的上下周边部分123b和123b'。

但是，从所示的形状中明显看出，半圆柱部分123a与周边部分123b和123b'的比例不同于上述实施例。即，反射器123的半圆柱部分123a不是正好为圆柱尺寸的一半，而是做成覆盖一个稍窄于半圆柱的区域（图中所示结构的约160°的区域），周边部分123b和123b'变形为弥补这种覆盖缺陷。

半圆柱部分123a较小的原因在于被此半圆柱部分123a反射的光通量是重新进入发光放电管122的玻璃管的基本分量，半圆形部分123a的形状试图避免在这种情况下产生的不利影响。

这里的不利影响是指光通量经玻璃管重新进入或射出放电管122以及在这种情况下由表面反射产生的损失分量，在不同于原始预定方向的方向上平均约为四倍，减少可以有效利用的光通量。为了减少这种损失分量，本实施例延伸周边部分123b和123b'，通过反射器123反射的光直接增大由光学元件124导引的分量，没有放电管122的中间阶段，由此尽可能地排除表面反射导致的漫射光并提供高效的光学系统。

标号124表示一种由单件式透明体制成的光学元件。在辐射光轴L

透过该光学元件124出射面一侧的中心区域中，形成一个在垂直于发光放电管122纵向的方向上有正折光力的柱状透镜表面124a，在上下周边部分124b和124b'中形成平行平面，并且还在柱状透镜表面124a和上下周边部分124b和124b'之间形成两对具有折射面124c和124c'以及反射面124d和124d'的棱镜部分（反射部分）P。

本实施例最具特点的结构在于在光学元件124中形成两对棱镜部分P。

如上所述，既使延伸形成在正面的反射面（周边部分124b、124b'），这也是一种不增大照明光学系统在光轴L方向的厚度的结构，即一种有效保持照明光学系统的厚度几乎与上述实施例中解释的照明光学系统相同的结构。也就是如果在此条件下简单地加宽可以受上述正反射面控制的辐射范围，则反射器123垂直方向的孔被加宽，并且与此同时，在光轴L方向的厚度也增大。为了避免这种情况，加宽受光学元件124的棱镜部分控制的光通量的角度范围以吸收光。做为加宽受棱镜部分控制的范围并避免在光轴L方向厚度增大的结构，本实施例采用一种在光学元件124中形成多层棱镜部分的方法。

下面利用图19和图20所示的光束轨迹线解释光学系统的详细形状。

在这些附图中，玻璃管的内外直径示做放电管122。与上述实施例的情形一样，为了简化解释，从光源中心发射的光通量被认做代表性的光通量，图中只表示了这一部分的光通量。实际上整体的光分布特性在该方向上略有变化，因为除图中所示的代表性光通量之外，还有从发光放电管周边部分发出的光通量，所以光分布特性扩展，但是因为光分布特性的趋势几乎相同，所以以下依然根据代表性的光通量解释这种情形。

如图19（a）所示，在光学元件124入射面一侧上的中心区域中，形成一个柱状透镜表面124a，该表面在垂直于辐射光轴L的平面中有正的折光力。通过这种方式，接近放电管122发出的光通量的辐射光轴L穿出的光通量变成在预定的角度范围内有均匀光分布的光通量，并且

从光学元件124的出射面124g射出。

此处，为了提供一种均匀的光分布特性，把光学元件124的柱状透镜表面124a构造成具有连续的非球面形状，以便在放电管122中心出射光的角度与光通量通过光学元件124之后出射光的角度之间建立一种正比关系，并使得光通量以特定的比例会聚。

接下来，如图19(b)所示，解释从放电管122中心发出的光通量分量，其中该分量与光轴形成一个较大的角度并直接进入反射器123的周边部分123b和123b'。此处，反射器123周边部分123b和123b'的形状做成在上述分量被反射之后，与图19(a)中的情形有着几乎相同的辐射角度范围和均匀的分布。

被反射器123的周边部分123b和123b'反射的光通量从光学元件124的周边部分124b和124b'进入到光学元件124并从出射面124g射出。但是，光学元件124的周边部分124b和124b'在垂直于辐射光轴L(垂直方向)的方向没有放大率，并且通过此部分的光通量带有与反射器123的周边部分123b和123b'调节的光分布特性相同的特性辐射。

因而，反射器123的周边部分123b和123b'不仅具有把从放电管122直接进入的光通量均匀会聚到特定的角度范围内的功能，而且还有把反射的光通量导向光学元件124周边部分124b和124b'的一个狭窄的通行区的功能，即改变方向的功能。结果，可以获得对所需辐射范围的均匀的光分布，与图19(a)的情形一样。另外，反射器123的周边部分123b和123b'以及柱状透镜表面124a可以执行会聚(辐射)控制，形成彼此独立的完全不同的光路。

然后，解释通过该棱镜部分的光路，这也是图20(a)和20(b)所示本实施例的主要特点。

如图20(a)所示，设置在光学元件124入射面上的柱状透镜表面124a和周边部分124b及124b'之间的上下棱镜部分，入射到由棱镜部分P的平面组成的折射面124c和124c'上的光通量经折射面124c和124c'，折射，进入到棱镜部分中，几乎被由预定曲面组成的反射面124d和124d'全反射，并变成具有与上述图19(a)和图19(b)中所示辐射角

分布几乎相同的光分布特性的光通量，折射面124c和124c'相对于光轴设置在内侧。

此处如图中所示，入射到折射面124c和124c'上的光通量的角度范围比图19(a)和图19(b)中所示的光通量角度范围窄很多。因而，为了把入射到折射面124c和124c'上的光通量的辐射角度范围适配到图19(a)和图19(b)中所示的辐射角度范围，需要调整反射面124d和124d'的形状，使得反射光通量的辐射角度范围以一定的比例显著地扩展。

基于这一原理，本实施例采用优化的非球面形状做为反射面124d和124d'，使得入射到折射面124c和124c'上的光通量的辐射角度范围几乎与图19(a)和图19(b)中所示的柱状透镜表面124a和反射器123的辐射角度范围匹配（重叠）。

另外，如图20(b)所示，关于上下棱镜部分P，入射到由外棱镜部分P的平表面组成的折射面124e和124e'上的光通量经折射面124e和124e'的折射，进入棱镜部分P，被由预定曲面制成的反射面124f和124f'几乎全反射，变成具有与图19(a)和图19(b)中所示辐射角分布特性几乎相同的光分布特性的光通量。

因而，所有从放电管122中心发出的光通量都被图19(a)中所示柱状透镜表面124a、图19(b)中所示反射器123的周边部分123b和123b'、图20(a)和图20(b)中所示上下棱镜部分(折射面124c和124c'、124e、124e'以及反射面124d和124d'、124f、124f')P的光学作用以及彼此重叠这四种类型和总共7层的辐射角度范围而变成在准垂直于放电管122纵向的部分上有均匀光分布的光通量，可以有效地获得整体上均匀的光分布特性。

另一方面，如上所述，从放电管122中心向后发出的光通量被反射器123的半圆柱部分123a反射，又通过放电管122的中心再在辐射光轴L方向上向前射出。该光通量之后的行为与图19和20中所示的一样。

根据本实施例的放电管122在纵向的形状与上述实施例的相同。

根据上述本实施例，与上述实施例的照明装置的情形一样，可以

只利用少量的元件如反射器123和光学元件124构成一个小而薄形的高效照明光学系统，该系统具有较少的由于辐射到所需辐射范围之外的光量损失。

而且，本实施例能使反射器123的周边部分123b和123b'包围放电管122到放电管122的背面，并在上下侧均形成光学元件124的两层棱镜部分P，由此可以更有效地利用从放电管122发出的光能的照明光学系统，与上述实施例相比不增大照明光学系统的整体大小。

图21至23表示本发明另一实施例的照明装置，尤其是组合到本实施例的相机中的发出电子闪光的装置。图21和图22是上述照明装置在包含放电管径向的平面截取的纵向截面图，图21(a)和图21(b)以及图22(a)还表示从光源中心发出的代表性光束的轨迹线。图21(a)和图21(b)以及图22(a)还表示根据光通量分量入射到光学元件上的位置，从光源中心发出到同一部分上的不同的光通量分量。图23是上述照明装置的光学系统的分解透视图。

在这些附图中，标号132表示发光放电管(氙管)，133表示反射器(第一反射元件)。该反射器133具有与上述实施例(图19和图20所述)中的反射器几乎相同的形状。

另外，标号134表示一个由单件式透明体制成的光学元件。在辐射光轴L穿过此光学元件134入射面一侧上的中心区域中，形成一个在垂直于放电管132纵向(垂直方向)的方向上具有正折光力的柱状透镜表面134a，并且在上下周边部分134b和134b'中形成平行平面。高透射性的光学树脂材料如丙烯酸树脂或玻璃材料适于用作此光学元件134的材料。

另外，标号135和135'表示放置在柱状透镜表面134a之间的区域内的反射器(第二反射元件)。光学元件134的周边部分134b和134b'以及它们垂直于放电管132纵向的部分由曲面构成。另外，至少这些反射器135和135'的内侧由高反射性材料制成，并且这些反射器135和135'比反射器133薄很多。

下面利用图21和图22解释设置本实施例中照明装置的光学系统的

最佳方法，其中本实施例中照明装置的光学系统是薄形的，能够把照明光均匀有效地辐射到所需的辐射范围内，尽可能地简化了光学元件134的形状，使得元件更易于制造。

图21和图22是本实施例的照明装置在放电管径向截取的截面图，它们还表示了将垂直方向的光分布特性缩窄到一个狭窄的辐射角内的基本原理。图21(a)、21(b)和图22(a)表示不同情况下在同一部分上的轨迹线，图中的标号对应于图23中的元件。

在这些附图中，玻璃管的内外直径示做放电管132。与上述实施例的情形一样，为了简化描述，把从光源、即放电管132中心发出的光通量认做代表性的光通量，这些代表性的光通量将用于下列的解释。

在辐射光轴L方向面对放电管132中心的反射器133的背面是一个几乎与放电管132同心的半圆柱（以下称作“半圆柱部分133a”）。这是一种把反射器133反射的光有效地返回到光源中心附近的形状，具有通过发光放电管132的玻璃部分减少折射的不利影响的效果。

另一方面，反射器133的上下周边部分133b和133b'具有曲面表面，使得反射的光通量具有一种特定的均匀的光分布特性。

另外，如下面所述，通过确定光学元件134和反射器135的形状，可以获得一种光分布，该分布在光轴L方向上很薄，在所需的辐射范围内均匀。

首先，如图21(a)所示，从放电管132向辐射光轴L附近发出的光通量通过柱状透镜表面134a变成在预定的角度范围内有均匀光分布的光通量，再从光学元件134的出射面134c射出。

此处，为了提供一种均匀的光分布特性，把光学元件134的柱状透镜表面134a设计成具有一种连续的非球面形状，使得从放电管132中心发出的光通量角度以及通过光学元件134之后射出的光通量角度具有正比关系，从而以特定的比例会聚射出的光通量。

然后如图21(b)所示，关于放电管132中心发出的光通量，下面将解释与光轴L形成一个较大的角度并直接进入反射器133周边部分133b和133b'的光通量分量。反射器133周边部分133b和133b'的形状做

成使上述光通量分量被周边部分133b和133b'反射，再均匀地扩展到几乎与图21(a)所示相同的辐射角度范围。

被反射器133的周边部分133b和133b'反射的光通量从光学元件134的周边部分134b和134b'进入到光学元件134并从出射面134c射出。但是，光学元件134的周边部分134b和134b'在垂直于放电管132纵向（垂直方向）的方向上没有光焦度，并且通过这些区域的光通量被辐射，其具有由反射器133周边部分133b和133b'调节的相同的光分布特性。

因而，反射器133的周边部分133b和133b'具有把放电管132直接发出的光均匀地会聚到特定的角度范围内的功能和改变方向的功能，即把反射的光通量导向光学元件134周边部分134b和134b'的狭窄通行区的功能。结果，可以获得在所需的辐射范围内均匀的光分布，与图21(a)的情形一样。另外，反射器134的周边部分134b和134b'以及柱状透镜表面134a可以执行会聚（辐射）控制，形成彼此独立的完全不同的光路。

然后利用图22(a)解释通过反射器135的光路，这也是本实施例的主要特点。

如图所示，反射器135和135'控制通过上述两条光路之间边界的光通量。这些反射器135和135'放置在反射器133内部并由一个支撑物（未示出）定位和保持，使得在距离光学元件134的柱状透镜部分134a一定距离的地方形成朝向周边的孔。

而且，如图所示，反射器135和135'由相对于该部分凹向辐射光轴L的曲面制成，从放电管132中心发出的进入这些反射器135和135'的光通量遵循被改变成有一定角度分布的光路，进入光学元件134的周边部分134b和134b'并从出射面134c射出。结果，光通量被变成具有几乎与图21(a)和图21(b)所示的辐射角分布相同的光分布特性的光通量。

此处，如图所示，入射到反射器135和135'上的光通量的辐射角度范围远窄于图21(a)和图21(b)所示光通量的辐射角度范围，但是通过优化反射器135和135'的形状，以一定的比例加宽角度范围，则几

乎可以使该辐射角度范围与图21 (a) 和图21 (b) 所示的柱状透镜表面134a和反射器133的辐射角度范围相匹配。

因而，从放电管132中心发出的所有光通量通过图21 (a) 所示的柱状透镜表面134a、图21(b)所示的反射器133的周边部分133b和133b'，以及图22 (a) 中所示的反射器135和135'的光学作用变成在垂直于放电管132纵向(垂直方向)的方向上有均匀光分布的光通量，并且将辐射角度范围的这三种类型及总共五层彼此重叠使得能够有效地获得整体上均匀的光分布特性。

另一方面，从放电管132中心向后发出的光通量被反射器133的半圆柱形部分133a反射，通过放电管132的中心，再在辐射光轴L方向向前射出。之后，光束的行为与图21 (a)、图21 (b) 和图22 (a) 的情形相同。

下面将利用图22 (b) 解释光学元件134的柱状透镜表面134a和反射器133以及反射器135和135'之间的最佳区域分布比例。

在本实施例中，最好图21 (a) 所示的柱状透镜表面134a的区域和图21 (b) 所示反射器133的反射区形成一个基本的会聚光学系统，并且这些区域之间的最小区域跨接由利用反射器135和135'的反射作用的反射/会聚光学系统构成，其中反射器135和135'的光路如图22 (a) 所示。

对于这些反射器135和135'的反射/会聚区，最好在连接放电管132中心和反射器135及135'的反射/会聚区的每一端的直线与辐射光轴L的角度 β 处于下列角度范围：

$$35^\circ \leq \beta \leq 70^\circ \dots (2)$$

此处，当角度 β 小于公式 (2) 的下限 35° 时，点A和点B之间的距离H增大，其中连接放电管132的中心与柱状透镜表面134a的端点A的直线与光学元件134周边部分134b和134b'的入射面的交点是B，这使得不能有效地减小照明光学系统的厚度，这是本实施例的目的。另一方面，当角度 β 大于公式 (2) 的上限 70° 时，反射器133的会聚区减小，使得系统被分成反射器133和反射器135及135'这一事实没有意义。

一种理想的模式是把这些反射器135和135'的会聚区减小到一个所需的最小值，并把那些区域组成一种光量损失较少的模式。这种结构使得能够把厚度方向的长度减到最小，简化形状并因此使得系统易于制造。

鉴于这种形势，本实施例为优化系统把该反射/会聚区设置在从42°到60°的大致18°的范围内。该范围窄于图13至图17所示实施例中的全反射区域。

即，在到达棱镜部分的反射表面之前，上述实施例中的光通量通过折射面在远离光轴的方向上被弯曲，并再通过反射面反射，并受到会聚控制。这使得可以把对应于上述A和B之间距离的部分的距离缩小到一个较小的水平。相反，本实施例在光通量到达反射器135和135'之前没有折射面，因此A和B之间的距离H趋于增大，这样缩窄了可受反射器135和135'控制的角度范围。

本实施例照明装置的特有的第一效果在于反射面由不同材料的离散表面构成，取代现有技术中放置在辐射光轴方向的连续反射表面，多个反射层放置成在垂直于辐射光轴的方向彼此重叠。

这种结构使得可以显著地减小照明光学系统在深度方向的厚度，这也是本实施例的主要特点。

其次，可以显著地减小光学元件134本身的厚度。即光学元件134必须的结构是只有在中心具有正折光力的柱状透镜表面134a，周边部分134b和134b'可以有一种薄形结构，具有简单的平面形状的周边部分134b和134b'可以充分地起作用，使得能够显著地减小光学元件134的总厚度。

这使得不仅能够提高光学元件134的可模制性，而且还可以减少当光通量穿过树脂材料时的光量降低。这对结合该照明装置的图像拾取装置和其它光学仪器的重量减轻有利。而且，因为最外侧表面有一种极简单的形状，并由极少光学限制的表面构成，所以容易支撑光学元件134，甚至当照明装置安装到各种光学装置中时，也不需要特殊的支撑结构，这提供了一种易于加工的照明装置。

第三，构成具有金属反射面的多个反射层可以避免常规的光导型电子闪光的问题，即当把树脂光学材料制成的光学元件放置得接近光源时光学元件一般受光源产生的热而变形、以致于不能够获得依据发光条件的原始光学特性的问题。即，通过构造接近光源的具有金属反射材料的反射面，可以避免金属反射材料由光源产生的热所导致的变形，由此获得一种稳定的光学特性，并且进一步加宽发光放电管周围的空间，把连续发光期间产生的辐射热和对流热对树脂材料制作的光学元件的影响减到最小。

因而，本实施例使得能够构造一种小而薄的效率极高的照明光学系统，该系统具有很小的由辐射到所需辐射范围之外所导致的光量损失。

下面将利用图23简单解释本实施例的照明装置在放电管纵向（向右/向左方向）的会聚作用。

如图23所示，通过形成在光学元件134出射面侧上的菲涅尔透镜部分134d和134d'在放电管纵向会聚光通量。这些菲涅尔透镜部分134d和134d'只形成在图中纵向的左右周边部分而非中心区域。这是因为放电管132、即光源的有效发光部分在向右/向左的方向很长，甚至在中心区形成菲涅尔透镜也不能总是有效地会聚光通量。

另一方面，对于形成菲涅尔透镜部分134d和134d'的纵向周边部分，可以以一定的程度限定放电管132发出的光通量的方向，并且在这些位置形成菲涅尔透镜使得能够相对有效地会聚光通量。

本实施例描述了这种情况，即控制在设置于光学元件134入射面一侧上的柱状透镜表面134a、反射器133的周边部分133b和133b'以及反射器135和135'上的三种类型和五层区域中的所有光通量在垂直于放电管纵向的方向（垂直方向）上具有彼此重叠（匹配）的光分布，但本实施例的设置并不是只有这一种，也可以允许各个部分有不同的光分布特性或在垂直方向有不对称的光分布特性，或者有不同程度的会聚。

另外，本实施例已经描述了光学元件134配置有柱状透镜表面134a

的情形，但透镜的形状不限于这种柱状透镜，也可以采用在放电管的纵向有折光力的复曲面透镜或具有相同折射效果的菲涅尔透镜。

如上所述，根据图13至图23所示的实施例，关于从光源发出的各个方向的光通量，可以通过光学元件的反射部分或第二反射元件把不能通过光学元件的透镜表面或反射元件或第一反射元件控制在所需辐射范围内的光通量辐射控制到上述所需的辐射范围内，并且由此可以通过增大辐射到所需辐射范围内的有效能量而提高照明装置的效率。

而且，因为在垂直于辐射光轴的方向（垂直方向）上由反射元件或第一反射元件以及光学元件的反射侧或第二反射元件构成多个反射层，所以与在光轴方向延伸一个反射层的情形相比，可以减小照明装置的厚度。因此，本照明装置可以安装到超薄卡片式相机或卡片式电子闪光灯中。

另外，可以简化光学元件的形状并削薄成象一个简单的板，因此即使把光学树脂材料用作光学元件的材料，也能预期照明装置可实现成本充分的降低，如减少模制时间或降低模具成本等。

另外，可以自由地确定光学元件正折射部分、反射元件或第一反射元件以及反射元件的反射部分或第二反射元件的形状，由此此照明装置可以彼此独立地、精确地控制光通量的光分布。因此，可以很容易地获得在所需范围内所需的光分布，例如可以很容易地使光分布均匀。

图24至图27表示本发明另一实施例的照明装置光学系统的结构。图24和25是上述光学系统在包含放电管径向的平面的截面图。图24表示辐射角度范围较小的情形，图25表示辐射角度范围较宽的情形。

图26是上述光学系统在包含放电管中心轴的平面截取的截面图，图27是上述光学系统的分解透视图。图24（b）至图26（b）都表示从放电管、即光源中心发出的代表性光的轨迹线。

另外，图28还表示组合了上述照明装置的袖珍相机（a）和卡片式相机（b）。

如图28（a）和图28（b）所示，上述照明装置放置在相机主体411

的顶部。在这些附图中，标号401表示照明装置，412表示照相透镜，413表示快门释放按钮。

在图28(a)中，标号414表示一个使照相透镜412变焦的操作元件，向前压此操作元件414能够拉近图像，向后压此操作元件能够拉远图像。

在图28(a)和图28(b)中，标号415表示在相机的各种模式之间切换的一个模式设置钮，标号416表示向相机的操作用户告知信息的一个液晶显示窗，标号417表示测量外界光线亮度的光度计(测光表)的光接收窗，标号418表示取景器的视窗。

下面将利用图24至图27详细解释确定照明装置光学特性的元件。

在这些图中，标号302表示放电管(氙管)，它是一个柱状光源。标号303表示一个反射器，该反射器在照明光的辐射方向(向前)反射放电管302发出的光通量，该反射器303由金属材料制成，如辐射铝，其内表面由高反射性表面制成，或由一种树脂材料制成，其具有一个其上形成有高反射性金属蒸发表面的内表面。

标号304表示棱镜状单件式光学元件，在此光学元件304的入射面上形成有一对棱镜部分。棱镜部分由在垂直于放电管302纵向的方向(垂直方向)上有折光力的折射面304b、304b'和几乎满足对从这些折射面304b、304b'入射的光全反射条件的反射面304c、304c'组成，其在以光轴L为中心的上下两侧。另外，如图26所示，在光学元件304的出射面的一侧形成在放电管302的纵向(水平方向)具有折光力的棱镜阵列304f。作为该光学元件的材料，高透射性的光学树脂材料如聚丙烯树脂或玻璃材料较合适。

在上述结构中，在相机设置为例如“电子闪光灯自动模式”的情况下，用户按下快门释放按钮313之后，控制电路(未示出)根据光度计(未示出)测得的外界光亮度、加载胶片的感光度或图像拾取装置如CCD或CMOS的特性决定是否从照明装置301中发出光。

当控制电路决定“应该从照明装置发光”时，控制电路输出发光信号并允许放电管302通过连接到反射器303的触发器导线发光。

关于从放电管302发出的光通量，在辐散光轴L方向向后或向侧边（见图26）发出的光通量分量经反射器303进入放置在放电管302前方的光学元件304，在辐散光轴方向向前发出的光通量分量直接进入光学元件304，并且这两个光通量分量通过光学元件304变为具有预定光分布特性的光通量并再辐散到物体上。

之后，利用图24至图26具体解释在上述照明装置中设置最佳形状，以确保在所需的辐散范围内光分布特性均匀，同时特别显著地削薄照明光学系统的形状。

首先，利用图24和图25解释在垂直方向、即放电管的径向（垂直于纵向的方向）上辐射角变化的基本概念。图24(a)、24(b)表示对应于最窄辐射角度范围的状态，图25(a)、25(b)表示对应于最宽辐射角度范围的状态。

每个图中的(a)和(b)表示相同的截面图，(b)表示在截面图(a)中加入光束的轨迹线。图中的标号对应于图26和图27中的元件。

这些图中玻璃管的内外直径表示成放电管302。在此类放电管的实际发光现象中，光通常从全部内径中发出以提高效率，并且合理地认为光实际上从发光点穿过放电管的整个内径而发出。但是，为了简化解释，假设从光源中心发出的光通量是具有代表性的光通量，图中只表示了从光源中心发出的光通量。作为实际的光分布特性，由于除了图中所示的代表性光通量外还有从放电管外围发出的光通量，总体的光分布特性在光通量轻微扩展的方向发生变化，但此光通量的光分布特性具有几乎相同的趋势，因此将根据具有代表性的此光通量进行下列解释。

首先将逐个解释上述照明装置光学系统的特有形状。反射器303在覆盖放电管302背面部分的形状是半圆柱形（以下称作“半圆柱部分303a”），几乎与放电管302同心。这是一种把反射器303反射的光再有效返回到光源302中心附近的形状，它有防止对放电管302玻璃部分的折射不利影响的效果。

另外，这种结构使得可以把反射器303后面反射的光当作几乎与光

源直接发出的光相同的出射光对待，由此易于理解可以减小整个光学系统的大小。另外，反射器303具有半圆柱形状的原因在于，如果反射器303小于此尺寸，把导向侧向的光通量进行会聚需要光学元件304向后扩展，这使得棱镜表面很难利用全反射向前导向光通量，相反，如果反射器303大于此尺寸，捕获到反射器303内的光通量将增大，而效率将降低，这两种情况都是不理想的。

另一方面，反射器303上下周边部分303b, 303b'的形状为曲面，使得从光源中心发出的光通量被这些周边部分303b和303b'反射并再导向光学元件304的周边部分304d和304d'。如后所述，经光学元件304的周边部分304d和304d'折射的光通量提供大部分的会聚光分布特性。

另外，反射器303的半圆柱部分303a和周边部分303b及303b'之间的区域303c和303c'（以下称作“平面区域”）由几乎垂直于光轴L的平面构成。

然后解释光学元件304的具体形状。如图24所示，当在放电管302和光学元件304之间有一个预定的距离时获得最会聚的状态。

首先，如图24(a)所示，光学元件304中有光轴L穿过的中心区接收大部分从光源中心发出的与光轴L形成较小角度的直接光并折射这些光量，在光学元件304光源侧上的中心区中形成一个非球面柱状透镜表面304a。

然后，在此柱状透镜表面304a的周边部分中，形成折射面304b和304b'，从光源中心发出的不入射到柱状透镜表面304a并与光轴L形成较大角度的光通量分量进入到该折射面，在其周边区域形成反射面304c和304c'，把已经从这些折射面304b和304b'进入到棱镜部分的折射光全反射。

如上所述，在其周边区域形成由曲面制成的折射面304d和304d'，被反射器303b和303b'反射的光通量进入到该折射面上。这些柱状透镜表面304a、反射器303b、303b'、折射面304d和304d'以及反射面304c和304c'的形状做成从光源中心发出的光通量与光轴L准平行，而在放电管302和光学元件304之间有一预定的距离。

然后，入射到光学元件304各个部分上的光通量被折射或全反射，变成预定角度的分量，并从同一出射面304e射出。

图24 (b) 是一条表示从光源中心发出并入射到光学元件304各个面上的光通量的轨迹线和光通量通过光学元件各个表面的光路。如图所示，从光源中心发出的几乎所有光通量以这种方式改变以平行于光轴。即该光学结构提供最大会聚的状态。

另一方面，在图24所示的光学结构中看到，光源中心发出的光通量在准平行与光轴L的方向从光学元件304的几乎整个出射面304e射出。换言之，这意味着从光源中心出射光的方向与光学元件304的出射面304e上的位置一一对应，与给定的出射面304e没有任何间隙地改变出射光并与光轴平行，即对出射面的孔区域进行最有效的会聚作用。

顺便说一下，此附图通过只对图24 (a) 所示的截面图增加光束而获得，其余所有的形状相同。

另一方面，图25中所示的状态是一种放电管302放置得比上述预定距离更接近光学元件304的状态，光学结构设置成辐射角度范围被加宽到一定的程度。图25 (b) 是通过给图25 (a) 的截面图增加从光源中心发出的光束的轨迹线所得，光学系统不同部分的所有形状均保持不变。

在这一光学结构中，由折射面304b和304b'和这些反射面304c和304c'相交形成的边缘304p和304p'靠近反射器303的平面部分303c和303c'，折射面决定被反射面304c和304c'全反射的光通量的光路。关于从光源中心发出的光束，通过图25 (b) 所示的方式相当大地减少了从反射器303c和303c'与光学元件304的边缘304f和304f'之间的间隙导向反射器303周边部分303b和303b'的光通量。

最初经周边部分303b和303b'导向光学元件304周边部分304d和304d'的光通量分量总是该会聚分量，其被变成一个形成关于光轴方向有小角度的分量，因为光源302和反射器303保持为一体。但是，如上所述，因为光学元件304的边缘304f和304f'接近反射器303的平面部分303c和303c'，所以该部分被极度减小并导向由折射面304b、304b'和

反射面304c、304c'组成的棱镜部分，这是与其相邻的另一条光路。另外，与此同时，受反射面304c和304c'控制的部分光通量直接进入到柱状透镜表面304a中，而放电管302与光学元件304分开，入射到此柱状透镜表面304a上的光通量分量的量也增大。

因而，与图24所示的最强会聚状态相反，该系统最初构造成所有三个折射区的光通量分量接近光轴L，光学元件304周边的反射区（棱镜部分）和反射器303周边的反射区被会聚，可以通过改变放电管302（和反射器303）与光学元件304之间在光轴方向上的位置关系来逐渐改变每个区域的会聚状态（即改变辐射角度范围）。

下面将根据上述三个区域逐一地解释会聚态的改变。首先，光轴L的折射区由一个非球面柱状透镜表面304a构成，光源的中心做为焦点，在图24所示的光学结构中折射从光源中心发出的光通量，使得该光通量变成准平行于光轴。在此情况下，如图25所示，当光源接近柱状透镜表面304a时，产生散焦状态，具有在所有方向上加宽辐射角的效果。另外，在图24所示的状态中，导向反射面304c和304c'的部分光通量新进入图25所示状态的该区域，但此分量也是受此折射光区域控制的光通量的延伸并被变成在此折射区有最宽辐射角的分量。

但是，因为在此区域中的角度范围是折射导致的作用，因此对此次预料的较小量的移动不产生辐射角度范围的剧变，结果，只有限定在辐射平面上中心区周围的光分布均匀地扩展。

下面将解释光学元件304的反射区（棱镜部分）。该区域是一个辐射角度范围可以通过改变光源和光学元件304之间的位置关系而剧烈变化的区域。这是因为被反射的光束方向的改变可以剧烈地改变辐射方向，并且在具有高折射率的光学元件304中采用了反射现象，因此可以预料有较大的角度变化。

如图25(b)所示，从光源中心发出并在此反射区中被反射的光通量分量被变成在辐射平面的周边有一特定的窄小角度区域的部分。

图25(b)所示的轨迹线中，在此反射区中反射的光通量分量似乎变成只有与光轴L形成一预定角的部分，但从整体上看，光源实际上有

特定的尺寸，因此反射角度范围也扩展到一定的程度并与上述折射区的光通量分量重叠，因此，在一个广角度范围内可以获得几乎具有均匀角分布的光分布特性。

最后，当光源从上述图24所示状态到图25所示状态接近光学元件304时，被最外边反射器303在反射区中反射的光通量分量逐渐减少。

但是，在此反射区中留下一定量的反射分量使得可以抑制由于通过上述两个反射区的光通量的增加导致的接近光轴L的光通量分量的减少，并防止接近光轴L的光量的减少。

因而，根据本实施例的结构可以通过光源（放电管302）和光学元件304之间的位置关系在光轴方向的很小变化实现辐射角的极大改变，同时，三个分区的光通量分量可以补偿各个部分的光分布特性的变化，实现一种整体上均匀的、相对于所需的辐射范围有很少光量损失的光学系统。

另一方面，如上所述，从放电管302中心向后发出的光通量被反射器303的半圆柱形部分303a反射，再通过放电管302的中心向前发出。之后光通量的行为与图24（b）和图25（b）中所示的一样。

下面将解释上述光学元件304棱镜部分的折射区、反射区和反射器303的反射区之间的最佳分布比例。

基本上最好通过反射器303的周边部分303b和303b'构成具有柱状透镜表面304a和反射区的基本会聚光学系统，并且通过棱镜部分的反射区在这些区域之间构成最小的跨接部分。

然后，在图24所示的最强会聚的状态中，最好把从光源中心发出的入射到棱镜部分折射面304b和304b'上的光通量与光轴L形成的角度 α 设置为：

$$20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ \dots (3)$$

此处，如果角度 α 小于公式（3）的下限 20° ，则很难形成棱镜部分本身的反射区。即，如果 α 角度小于 20° ，则棱镜部分P边缘304p和304p'的角度变得相当尖锐，同时需要一个在厚度方向棱镜部分很深的形状。因而，这样不仅难于构造而且还难于制造薄断面的光学系统。

另一方面，当角度 α 大于公式(1)的上限 70° 时，反射器33的会聚区减小，反射区被分成反射器303的反射区和棱镜部分P本身的反射区这一事实变得没有意义，会导致各种问题。

即必须改变照明光源和光学元件304之间的距离使照明角度减小，这导致一个功能性问题，即难于产生辐射角的剧烈变化，还有另一个问题，即难于制造，因为光学元件304的棱镜部分本身局部变厚变长，模制时间延长。做为一种理想的模式，最好把棱镜部分的反射区缩窄到一个必须的最小值，并以很少光量损失的模式组建系统。这种结构使得可以减小厚度方向的厚度，使其具有简单形状的结构且易于制造。

出于上述原因，本实施例根据与光轴L形成一个处于 $30^\circ \sim 60^\circ$ 范围的 30° 角为最佳的光通量形成的棱镜部分。

下面将解释把光通量导向棱镜部分的反射面304c和304c'的折射面304b和304b'的最佳形状。如图24(a)和图25(b)所示，从光源中心发出的光通量经过折射面304b和304b'大幅地折射，在远离光轴L的方向导引，到达反射面304c和304c'。形成这些折射面304b和304b'的理想形状使得从光源发出的光通量的最大部分被导向反射面304c和304c'，并且为此目的，需要使光通量经这些折射面304b和304b'大幅地折射。

这样还导致系统在反射面304c和304c'光轴方向的长度缩短，即减小光学系统厚度方向的尺寸，这也与本发明的目的相符。作为一种特殊的形状，最好用相对于光轴L的梯度为 0° 的平面构成折射面304b和304b'。但是，由于涉及光学元件可模制性问题所致的加工精度的原因，很难实现梯度为 0° 的平面。本实施例利用相对于光轴L的梯度为 10° 或更小的平面或容易加工的曲面构造这些折射面304b和304b'。

另一方面，用多个元件构成光控制区并以在光轴方向彼此重叠的方式分布多个元件可以获得本发明特有的前所未有的效果。

首先，反射面(棱镜部分的反射面304c和304c'以及反射器303的周边部分303b和303b')由不同类型的材料制成的离散表面构成，代替在现有技术中的在光轴L方向的连续表面，并且一个反射元件(反射器

303) 与光源制成一体，另一个反射元件(光学元件304)相对于光源可以移动，这些元件在垂直于光轴L的方向(垂直方向)以彼此重叠的方式放置。

这种结构使得可以显著地减小光学系统在深度方向(光轴L的方向)的厚度，这也是本发明的一个主要特点。如利用本实施例的附图所解释的那样，首先放置光学元件304的反射面304c和304c'以执行第一次反射，再把反射器303的周边部分303b和303b'放置到反射面304c和304c'的外部以及光轴L方向彼此重叠的位置以执行第二次反射，使得可以在光轴L的方向整体上减小反射区的厚度。

其次，可以显著地减小光学元件304本身的厚度。即光学元件304所需的光学作用部分只包括在中心区有正折光力的柱状透镜表面304a、折射面304b和304b'制成的分离光源发出的直线光与反射器303反射的光和反射面304c和304c'的锐角棱镜部分。因此，虽然光学元件304有一种简单的形状，并显著地减小光学元件304的整体厚度，也可以充分地实现光学功能。

这使得不仅可以提高光学元件304的可模制性，而且可以把由于树脂材料的透光性所致的光量的减少降到最低，对照明装置的重量减轻以及图像拾取装置的重量减轻有益。

而且，光学元件304最外层表面的形状非常简单，并且由极少光学限制的表面构成，因此光学元件304易于维护，甚至当安装到图像拾取装置上时，也不需要采取任何特殊的支撑结构，提供了一种非常易于操作的模式。

第三，用多个反射元件构成反射区可以避免常规光导型电子闪光灯的问题，即当用树脂光学材料制成的光学元件放置得离光源较近时，光源产生的热会熔化光学元件，使得不能够获得依据发光条件的原始光学特性这一问题。

即，用多个反射表面构成反射区使得能够把边缘304f和304f'，即最易于受热损伤的光学元件304的折射面和反射面之间的界面放置得远离光源，并且还延伸放电管302周围的空间，因此可以把连续发光期

间产生的辐射热和对流热对树脂材料的影响减小最小，并防止光学特性的衰减。

因而，本实施例可以构成一种小巧但极为有效的照明光学系统，有可变的辐射角类型，由于辐射到所需辐射范围以外所致的光量损失很少，甚至利用很少的元件如反射器303和光学元件304。

接下来利用图26解释本实施例在放电管302纵向的会聚作用。

图26表示光学系统在包含放电管302中心轴的平面截取的截面图。图26(a)和图26(b)表示同一截面图，图26(b)还一起表示从光源中心发出的光束的轨迹线。

如图所示，光通量从中出射的光学元件304的侧面由形成在光轴L通过的中心区中的具有相同角度的两个斜面的棱镜阵列304f和形成在棱镜阵列304f周边区域中的锐角菲涅尔透镜部分304g和304g'构成。

另外，在光学元件304两侧上设置与反射器303模制为一体的侧反射器303d和303d'。这些侧反射器303d和303d'用于反射放电管302发出的部分光通量，这些光通量从侧边射出，而没有进入光学元件304，或者在光学元件304的出射面一侧上的棱镜阵列304f和菲涅尔透镜部分304g和304g'处产生的反射光的无用部分，并使得这部分光重新从光学元件304的侧面304h和304h'进入，从而有效地使用这部分光。

本实施例把中心区中棱镜阵列304f的顶角设置为105°的恒定角。带有这种角度设置的棱镜阵列304f具有允许以较大入射角（在光学元件304上光通量分量具有的入射角在30°-40°之间）入射的光通量分量从出射面以同于经入射面折射的角度出射的效果，即允许光通量分量在受出射面折射影响很小的情况下出射的效果，以及把入射光通量会聚成特定辐射角度范围内的光通量的效果。

本棱镜阵列304f的顶角不限于105°，如果设置为一个较小的角度，例如90°，则可以缩窄从光学元件304出射的光通量的角度范围。相反，如果把顶角设置为一个较大的角度，例如120°，则也可能加宽从光学元件304出射的光通量的角分布。

另一方面，如图26(b)所示，还有一些到达棱镜阵列304f的出射

光通量分量，它们被此棱镜阵列304f反射并再返回到光源。这些光通量分量被反射器303反射后又进入光学元件304，被棱镜阵列304f或菲涅尔透镜304g和304g'变成预定角分量并再辐射到物体上。

因而，从光源中心发出的大部分光通量被变成具有一定角分布的光通量并从光学元件304射出。在此情况下的光分布只依赖于棱镜阵列304f的角度设置，不受棱镜阵列的间距等因素的影响。这使得光学元件304可以在一个极浅的区域中执行会聚控制，不需要光轴方向的深度，使得可以极大地减小整个光学系统相对于光轴方向的尺寸。

另外，如图所示，在光学元件304的周边上形成具有锐角的菲涅尔透镜部分304g和304g'。虽然光学元件304非常薄，但此周边区域是一个获得具有一定方向性的光通量的区域，在此区域中形成的菲涅尔透镜能起到有效的会聚作用。

从此附图中看不到明显的会聚操作。这是因为只显示了从光源中心发出的光通量，从放电管两侧端周围发出的相当量的光通量变成集中到辐射光轴上的光通量分量。

因而，决定光学元件304出射光平面的形状甚至允许一个放置得离光源很近的极薄的光学系统可把光通量有效地会聚到一定的角度范围。

另外，通过在光学元件304出射面一侧上的棱镜陈列304f或菲涅尔透镜表面304g和304g'的会聚作用决定关于放电管302纵向（水平方向）的光分布，并且通过设置在光学元件304光源一侧（入射面一侧）上的柱状透镜表面304a的折射区以及反射器303的反射区和设置在这两个区之间某些中点的光学元件304的棱镜部分的反射区的高效会聚作用决定在垂直于放电管302纵向（垂直方向）的方向上的光分布。因此，本实施例可以提供一种具有良好的光学特性的前所未有的薄照明光学系统。

图29和图30表示通过上图所示结构的照明光学系统获得的光分布特性的实例。

图29所示的光分布特性是一种对应于图24所示的光学结构在最强

会聚状态下的光分布特性。图30所示的光分布特性是一种对应于图25所示的光学结构在最强发散状态下的光分布特性。

图中所示的结构可以使辐射角度相对于垂直方向有最大的变化。另外，还可以获得一种相对于所需的辐射角度范围几乎均匀的光分布特性。

在图24所示的状态下，还可以把每个表面的形状做成使从光源中心发出的所有光通量准平行于出射光的光轴，以致于光通量可以会聚到一个比图29所示的光分布特性较窄的范围内。但是，光分布特性由于光源本身的大小而实际上具有一定的扩展度。如图29所示，由中心区亮度一半值决定的辐射角延伸高达 12° 。

另外，在图30所示的发散状态，半值辐射角延伸高达 34° ，几乎是上述角度的三倍。

另一方面，相对于水平方向，由于涉及到光学系统结构的原因，观察不到很大的角度变化。但是，对应于图25所示发散态的角度范围稍宽于对应于图24所示会聚态的角度范围。这可以归结为这一事实，即虽然接近中心区的会聚态或发散态根据垂直方向光分布的变化而大幅地改变，但周边部分的分布不会大幅地改变，结果，可以理解在此辐射角度范围内发生相对的变化。

本实施例描述了一种照明装置，通过改变光源和光学元件304之间的相对距离并利用设置在光源侧上的三种类型的五层柱状透镜表面304a、反射器303的周边部分303b和303b'以及利用图24所示的会聚态做为标准的反射面304c和304c'改变辐射角度范围执行垂直于放电管302纵向方向上的光分布控制。但是，本发明不限于此实施例，不需要把参考态设置为一种所有区域的光通量都被最强会聚的状态。

这是因为光源具有一个特定的或较大的尺度，每个会聚控制平面和光源之间的距离在变化，并且可以方便地在不把参考态的光分布设置为最强会聚态的光分布，而是使参考态与最强会聚态有差异。

做为这样的一个例子，当光源较大时，从接近光源的柱状透镜表面发出的辐射角趋于相当大地延伸。尤其是从光源中心前部发出的光

通量具有扩展的强烈趋势，据说甚至最强会聚的光学结构也不包括朝向所需辐射范围外部的光通量。

另一方面，即使光源的尺寸增大到一定的程度，假设受反射器控制的光通量分量在最远离光源位置的会聚度也不降低，并且其分布也不偏离初始设置的辐射角分布。

由此，通过把控制表面的柱状透镜表面的形状做成接近光源以使焦点形成在比光源中心更接近物体的位置，可以避免经此柱状透镜表面出射的光通量的分布超出所需的扩展。

另外，在辐射角度范围随连接到并非总是需要最强会聚态的广角侧的重要性而变化的情况下，可以更方便地决定每个表面的形状，使得获得一种较宽的光分布特性，以此代替把光分布设置为相对于受反射器而非中心的柱状透镜表面以及棱镜部分的反射面控制的光通量的均匀的最强会聚态。

另外，本实施例描述了光源侧（入射面）上每个表面的结构和出射面侧上每个表面的结构关于光轴对称的情形，但本实施例并不限于这一对称形状。例如，光学元件304的反射面304c和304c'对称地构成在光轴的两侧上，但并不需要总是把反射面304c和304c'形成在这种对称的位置上，而是可以非对称地放置。这不仅对反射面如此，对反射器的形状如此，对中心区中柱状透镜表面的形状也是如此。

另外，也是关于形成在光出射面侧上的中心区中的棱镜阵列，也可以利用具有不同左、右角设置的棱镜阵列在水平方向中提供光分布特性的变化。另外，关于周边菲涅尔透镜部分，也可以提供会聚度的变化并提供整体光分布特性的变化。

另外，本实施例描述了形成在光学元件304中心区中的柱状透镜表面304a是非球面的情形，但此柱状透镜表面不限于非球面形状，可以是柱状。另外，考虑到在放电管302纵向上的会聚性能，此柱状透镜可以有一个复曲面透镜表面。

图31至34表示本发明另一实施例的照明装置的光学系统结构图。图31和32是上述光学系统在包含放电管径向的平面上的截面图，图31

表示有一个窄辐射角度范围的情形，图32表示有一个宽辐射角度范围的情形。

另外，图33是上述光学系统在包含放电管中心轴的平面上截取的截面图，图34是上述光学系统的分解透视图。图31(b)和图32(b)还表示了从光源的放电管中心发出的代表性光束的轨迹线。

另外，上述照明装置安装在图28所示的袖珍相机(a)和卡片式相机(b)中。

本实施例是一个给出优于图32所示通过加宽辐射角度范围而获得光分布特性的照明光学系统，该系统的结构使得将本状态做为标准态以获得最优良的光分布特性。

在上述附图中，标号302表示一个做为光源的柱状放电管(氙管)，标号323表示一个在照明光的辐射方向(向前)反射放电管302发出的光通量的反射器。此反射器有一个高反射率的内表面，由金属材料制成，如辐射铝，或由一种树脂材料制成，制成的反射器有一个其上形成有高反射率金属蒸发表面的内表面。

标号324表示棱镜状单件式光学元件。在光学元件的光入射面侧上，有多对由在准垂直于放电管302纵向的方向(垂直方向)上有折光力的折射面324b, 324d, 324f, 324h, 324b', 324d', 324f', 324h'和几乎满足从折射面入射的光的全反射条件的反射面324c, 324e, 324g, 324i, 324c', 324e', 324g', 324i'组成的棱镜部分，其中这些折射面分布在以光轴L为中心的上下两侧。

另外，如图33所示，在光学元件324出光面侧上的左右周边上形成有在放电管302的纵向(水平方向)有折光力的菲涅尔透镜部分324q和324q'。

作为光学元件324的材料，高光透射率的树脂材料如丙烯酸树脂或玻璃材料是合适的。

本实施例是一个薄于图24至图27所示实施例的照明光学系统，在所需辐射范围内保持均匀的光分布特性、且在光源和光学元件之间具有最小量的位置变化的同时，能够获得大的变化的辐射角。下面将利

用图31至34详细说明本照明光学系统每一元件最佳形状的设定。

首先利用图31和图32解释在垂直方向、即放电管的径向（垂直于纵向的方向）改变辐射角的基本原理。此处图31(a)和图31(b)表示对应于最窄辐射角度范围的状态，图32(a)和图32(b)表示对应于最宽辐射角度范围的状态。

每个图中的(a)和(b)表示相同部分的照明装置的截面图，(b)是通过对截面图(a)中增加光束的轨迹线所得。图中的标号对应于图33和图34中的元件。

另外，在这些附图中，出于与图24至27所示实施例的相同原因，把从光源中心发出的光通量认做具有代表性的光通量，图中只表示了从光源中心发出的光通量。作为实际的光分布特性，由于除了图中所示的代表性光通量外还有从放电管302外围发出的光通量，总体的光分布特性在光通量轻微扩展的方向发生变化，但此光通量的光分布特性具有几乎相同的趋势，因此将根据具有代表性的此光通量进行下列解释。

首先将逐个解释上述照明装置光学系统的特有形状。反射器323在覆盖放电管302背面部分的形状是半圆柱形（以下称作“半圆柱部分323a”），几乎与放电管302同心。这是一种把反射器323反射的光再有效返回到光源中心附近的形状，它有防止对放电管302的玻璃部分的折射不利影响的效果。

另一方面，在垂直于该反射器323的垂直方向延伸的周边部分323b、323b'具有曲面形状，使得从光源中心发出的光通量被这些周边部分反射并再导向形成在光学元件324周边部分中的斜坡324j、324j'。另外，如后所述，这些周边部分的形成使得经光学元件324周边部分324j和324j'折射的光通量具有会聚到一定程度的光分布特性。

另外，反射器323的半圆柱部分323a和周边部分323b及323b'之间的区域（以下称作“平面区域”）323c和323c'由几乎垂直于光轴L的平面构成。

然后解释光学元件324的具体形状，其中该光学元件324对本实施

例照明装置的光分布特性有最大影响。图31表示一种在放电管302和光学元件324之间有一预定距离、从而使得每个部分的形状和光学结构设置为获得预定会聚态的状态。

首先，如图31(a)所示，光学元件324上有光轴L穿过的中心区是一个接收大部分直接入射光分量，其与从光源中心发出的光通量的光轴L形成较小角度并折射这些分量的区域，在中心区中面对光源的光学元件324中形成一个由部分柱面组成的柱状透镜表面324a。

然后，在此柱状透镜表面324a的外层，有折射面324b和324b'，接收不入射到柱状透镜表面324a并与光源中心发出的光通量的光轴L形成较大的角度的更多光通量分量，在这些折射面324b和324b'之后，有几乎满足对此折射光的全反射条件的反射面324c和324c'。至此，本光学系统几乎与图24至图27所述的实施例的光学系统相同。

本实施例的特点在于在上下侧不仅有一对而且有多对由这些折射面324b和324b'及反射面324c和324c'组成的棱镜部分。因而，设置于接近光轴L的由折射面324b和324b'及反射面324c和324c'组成的一对上下棱镜部分之外有另一对由折射面324d和324d'及反射面324e和324e'组成的上下棱镜部分，并且在这些棱镜部分之外，还有一对由折射面324f和324f'及反射面324g和324g'组成的上下棱镜部分，并且在这些棱镜部分之外，另有一对由折射面324h和324h'及反射面324i和324i'组成的上下棱镜部分。

然后，把各个反射面324c和324c'、324e和324e'、324g和324g'以及324i和324i'的形状做成使在此反射的光通量具有预定会聚态的光分布特性。

另外，如上所述，在面对光源的光学元件324最外层棱镜部分的周边区域中，有接收反射器323的周边部分323b和323b'反射的光通量的倾斜面324j和324j'。与经过上述棱镜部分的光路的情形一样，此反射器323的周边部分323b和323b'以及上述倾斜面（折射面）324j和324j'的形状也确定成获得一种在预定的会聚态的光分布特性。

入射到光学元件324不同部分上的光通量通过折射和反射变成预

定的角度分量，并再从相同的出射面324k射出。

因而，在以光轴L为中心的垂直方向，在光学元件324上形成多对棱镜部分成为多层具有显著减小照明光学系统在光轴方向的深度这一优点。同时，当应用到允许辐射角可变的照明装置上时，本实施例还有一个在改变辐射角时显著减少光轴方向上光源和光学元件324之间位置关系变化量的优点。这可以说是一种实现可变辐射角型照明光学系统的极有效模式，这种类型的系统具有最小的体积，极薄，还能够获得一种所需的光分布特性。

图31(b)是一条表示从光源中心发出的光通量如何通过光学元件324的每个表面以及光通量的光路的轨迹线。如图所示，从光源中心发出的大部分光通量变成与光轴L形成较小角度的分量。即可以利用此光学结构在本实施例的光学系统中获得最强会聚的状态。

另一方面，图32表示放电管302放置得接近光学元件324的状态，该状态提供一种比图31所示状态更宽的辐射角度范围。本实施例把此状态中的光分布特性调节到被安装广角透镜时的光分布特性，并优化系统，从而获得最均匀的光分布特性，并将此状态当作设计的标准状态。

在此光学结构中，边缘324l、324l'、324m、324m'、324n、324n'、324o和324o'接近反射器323的平面部分323c和323c'，它们组成各个棱镜部分的折射面和反射面之间的交线。因而，当光学元件324靠近反射器323时，从光源中心发出并入射到柱状透镜表面324a的光通量分量增大，如图32(b)所示，而最初将导向反射器323周边部分323b和323b'的光通量分量的数量显著地减少。

更具体地说，因为放电管302和反射器323保持为一体，所以经这些周边部分323b和323b'初始导向到光学元件324的周边部分324j和324j'的分量是将被会聚成与光轴方向形成一小角度范围的分量。但是，如上所述，光学元件324的边缘324o和324o'接近，因此这些元件被极度减小并逐个分配给相邻的不同棱镜部分。同时，光学元件324远离反射器323的同时，受反射面324c和324c'控制的光通量部分直接

进入形成在光轴L穿过的中心区中的柱状透镜表面324a，并且入射到此柱状透镜表面324a上的光通量分量的比例增大。

因而，与图31所示会聚态中的原始结构相反，其中有三个区域的光通量：中心区中的折射区，光学元件324周边的反射区（棱镜部分）和最外侧周边上反射器323的反射区，其光通量被会聚到一定的范围，本实施例可以通过允许光源和反射器323以及光学元件324组成的发光部分接近光轴L的方向而逐渐改变以上每个区域的会聚态。这不仅是因为此现象可以通过反射来改变出射方向将通过前述状态中的折射而受控制的光通量分量的取向并且可以显著地改变辐射方向，而且还因为此反射现象在较高折射率的光学元件324中被控制，因此可以预期有较大的角度变化。

光的反射分量被变成图32(b)所示的在辐射平面周边中一个特定窄小角度区域中的分量。在图32(b)所示的光的轨迹线中，此反射元件似乎只在特定的方向变成一种预定角度的分量，但实际上光源有一定的尺寸，因此角度区域延伸到一定的尺度，与中心区中折射区内的分量重叠，因此可以获得在整个广角度范围内有几乎均匀角分布的光分布特性。

另外，当光源和光学元件324接近时，反射器323反射区中的光通量分量逐渐减小。此处，留下此反射区中一定量的光通量分量使得可以抑制与光轴方向形成一小角度的光分量的减小，并避免接近光轴的光通量降低光分布特性，因此有效地留下一定量的该分量。

因而，本实施例的结构可以通过对光源和光学元件324之间在光轴L方向的位置关系的小的改变而显著地改变辐射角度范围，同时允许多个区域的光通量分量补偿改变的分布特性，并由此实现一种关于所需的辐射范围有少量光损失的均匀的光学系统。

尤其是，在垂直于光轴方向的方向（垂直方向）上放置多层棱镜部分使得可以实现一种在光轴方向有显著减小的深度的照明光学系统。

根据本实施例的结构，可以把图31中所示光轴方向的光学系统的

最大尺寸减小到4.9mm，小于5mm。另一方面，与图31所示状态相比，通过把光源和光学元件324在光轴L方向上的位置关系改变0.6mm，实现图32中所示的具有最宽辐射角的状态。

因而，因为本实施例的具有几个元件的结构允许辐射角度范围产生大幅的改变，所以本实施例的结构包含下列优点：

1. 从光源发出的光可以无需很多部件的辐射，因此实现较高的效率。
2. 虽然本系统也配置有改变辐射角度范围的功能，但还可以超微型化。
3. 可以降低成本。

下面解释三个区域：棱镜部分的上述折射区、反射区和反射器323的反射区的最佳分布比例。

基本上说，本实施例的最大特点在于形成棱镜部分的多个反射面，并且其放置方式是在垂直于光轴的方向上以层状形式彼此重叠，以在光轴的方向上把光学系统的厚度减到最小。因而，与图24至图27所示实施例的原理不同，延伸多层棱镜部分的反射区的方式决定了照明装置的厚度可以减小的程度。

另外，在图31所示的最强会聚的状态中，最好从光源中心入射到此棱镜部分折射面上的光通量与光轴L形成的角度 α 是：

$$20^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ \dots (4)$$

此处，如果角度 α 小于公式(4)的下限 20° ，则形成棱镜部分本身的反射区变得很困难。即，棱镜部分本身边缘的角度变得相当尖锐，同时需要在棱镜部分的厚度方向形成一种很深的形状。这使得不仅很难构造薄形的光学系统，而且制造起来也很困难，但薄形的光学系统是本实施例的一个主题，因此是不理想的。另一方面，如果角度 α 大于公式(4)的上限 80° ，反射器323会聚的光通量分量的比率下降，导致向加宽辐射角的中心区的光通量减少，使得不能够总是获得均匀的光分布特性。

基于上述原因，本实施例形成多对对应于与光轴L形成的角度处于

25° ~ 75°之间的大约50°范围的光通量的棱镜部分作为优化。

做为一种理想的模式，最好通过此棱镜部分加宽该反射区，并且这样允许有一种在光学元件324厚度方向尺寸减小最多的结构，使得可以实现一种超薄型的光学系统，减少用树脂材料模制光学元件324的时间，提供一种低廉且易于加工的模式。

下面解释把棱镜部分中的光通量导向反射面324c、324c'、324e、324e'、324g、324g'、324i和324i'的折射面324b、324b'、324d、324d'、324f、324f'、324h和324h'的最佳形状。从图31(b)和图32(b)所示的轨迹线中明确看出，从光源中心发出的光通量经各个折射面折射很多，导向远离光轴L的方向并到达同一棱镜部分的反射面。

此折射面的理想形状有一种把光源发出的最大比率的光通量导向反射面的结构，并且为此目的，需要经此折射面大幅地折射光。这也导致每个反射面的长度在光轴L方向的减小，即减小光学系统在厚度方向的尺寸，这也与本发明的主题相符。

做为一种特殊的形状，最好折射面324b、324b'、324d、324d'、324f、324f'、324h和324h'是相对于光轴L有0°梯度的平表面。但是，由于涉及光学元件的可模制性以及加工精度的原因，很难实现0°梯度的平表面。考虑到加工条件，本实施例用相对于光轴L的梯度为10°或更小的平面或用易于加工的曲面构成折射面324b、324b'、324d、324d'、324f、324f'、324h和324h'。

另一方面，本实施例可以通过构造由多个棱镜部分组成的反射区做一个单件式光学元件并改变此光学元件和光源之间的位置关系而实现本发明特有的前所未有的效果。

首先，可以减小辐射角可变型照明光学系统所需的体积。即，代替用常规的在光轴方向连续的单个曲面（反射器或反射面）构成反射面，本实施例用多个利用全反射的离散的反射面构成本反射面，并采用在垂直于光轴的方向上彼此重叠的方式放置多个反射面。以这种方式构成反射面可以显著地减小照明光学系统在深度方向（光轴的方向）的厚度，并减小照明光学系统所需的体积。

根据图31和图32，首先，反射面324c和324c'放置得接近光轴，反射面324e和324e'放置在反射面324c和324c'周围的位置并在光轴方向重叠。同样，本实施例采用一种通过放置反射面324g、324g'和324i、324i'的位置使它们在光轴L方向彼此重叠而显著减小反射面在光轴方向上的整体厚度的结构。

其次，因为光学元件324为一种薄形类型，所以它有良好的可模制性并可以低成本地制造。即光学元件324所需的光学作用部分只在中心区有正折光力的柱状透镜表面324a和多个具有由折射面及反射面组成的锐角的棱镜部分。因此，虽然具有简单的形状，但光学元件324可以执行足够的光学功能，使得可以显著地减小光学元件324整体的厚度。

这不仅可以提高使用树脂的光学元件324的可模制性，而且还可以将由于树脂材料的透射性所致的光量损失减小到最小，并对减轻照明装置的重量有所帮助，由此减轻图像拾取装置的重量。

另外，光学元件324的最外层平面的形状非常简单，由光学限制很少的表面构成，因此易于维护光学元件324，并且甚至在安装到图像拾取装置上时也不需要采取特别的支撑结构，是一种非常易于操作的模式。

第三，用多个反射元件构成反射区可以避免常规光导型电子闪光灯的问题，即当树脂光学材料制成的光学元件放置得离光源较近时，光源产生的热会熔化光学元件，使得不能够获得依据发光条件的原始光学特性这一问题。

即，通过用多个反射面构成一个反射区，可以把边缘324l和324l'，即最易于受热损伤的光学元件324的折射面和反射面之间的界面放置得远离光源。另外还可以扩大放电管302周围的空间。这样把连续发光期间产生的辐射热和对流热对树脂材料的影响减至最小，并防止光学特性的衰减。

因而，可以只利用反射器323和光学元件324这些很少的元件构成一种小巧但极为有效的照明光学系统，有可变的辐射角类型，由于辐射到所需辐射范围以外所致的光量损失很少。

接下来利用图33解释本实施例的放电管302在纵向的会聚作用。

如图所示，本实施例在光学元件324出光侧的中心区形成一个平面部分324p，并在周边部分提供菲涅尔透镜部分324q和324q'，从而提供一种预定的光分布特性。

此处，虽然光学元件324具有相当薄的形状结构，但在接近放电管320左右端部的周边部分是存在特定的光通量方向性的区域。另外，在此区域中形成菲涅尔透镜部分324q和324q'使得可以产生较好的会聚作用。

另一方面，在出射面的中心区，出于下列原因构成平面部分324p。即，对于辐射角根据本实施例所示的较宽角的透镜在一个宽视角度范围变化的照明光学系统，可以利用一个平面而非复杂平面的结构实现均匀的辐射，把光通量会聚到接近光轴的难于控制光通量的区域。

虽然本光学系统是一个光学元件放置得接近光源的非常薄形状的光学系统，也可确定光学元件324出光侧每个部分的形状使得可以把出射的光通量均匀有效地会聚到一个特定的角度范围内。

因而，本实施例利用光学元件324出光侧的菲涅尔透镜部分324q和324q'对放电管302的纵向（水平方向）执行会聚控制，并利用柱状透镜表面324a和设置在光学元件324光源侧上的反射器323以及放置在这两个区域之间某一中点的光学元件324的多个反射面（棱镜部分）对垂直于放电管302纵向的方向（垂直方向）执行会聚控制，并且由此可以提供一种超薄的具有现有技术所没有的优良光学特性的照明光学系统。

如上所述，本实施例通过改变光源和光学元件324的相对距离以及利用设置在光源侧上的三种区域和11层柱状透镜表面324a、反射器323以及多对棱镜部分的反射面改变辐射角度范围来执行在垂直于光源纵向的方向上的光分布控制。

而且，如本实施例所述，本发明可足以应用到这样的光学系统中，即改变广角端上事先给定的光分布特性的辐射角，并且还可以通过在该方向上移动光学元件324和光源而应用到配置有所需会聚作用的照

明光学系统，从而利用此状态做为参考而增大光学元件324和光源之间的距离一个预定的量。

另外，本实施例推出了在这些情况下的实例，即光源平面的整体结构与出光平面的结构相对于光轴对称，但本发明不限于这种对称结构。例如，也可以相对于光轴非对称地放置光学元件324棱镜部分的反射面，或者可以在光轴的上下侧之间改变反射面的数量。另外，不仅可以对上述反射面提供非对称形状，而且还可以对反射器和柱状透镜表面提供非对称形状。同样，关于形成在出光侧平面上的菲涅尔透镜表面，可以利用在左右侧有不同角度设置的菲涅尔透镜对水平方向的光分布特性提供变化。

另外，考虑到在光源纵向的会聚性能，形成在光学元件324中心区的柱状透镜表面324a由部分柱状表面构成，但也可以由非球面或复曲面透镜表面构成。

图35和36表示本发明另一实施例的照明装置光学系统的结构。图35表示具有缩窄的辐射角度范围的会聚态，图36表示具有加宽的辐射角度范围的发散态。本实施例是一个事先给定的具有缩窄辐射角度范围的光分布特性的照明光学系统，如图35所示，它决定每个部分的形状，使得在此状态下获得最优越的会聚性能的特性。另外，图35 (b) 和图36 (b) 还表示从光源中心发出的代表性光束的轨迹线。

另外，将上述照明装置装在小型照相机 (a) 和卡片型照相机 (b) 中如图28所示。

在上述图中，标号302表示做为光源的柱状放电管 (氙管)。标号333表示向前反射放电管302发出的光通量的半圆柱形反射器。此反射器具有金属材料如发光铝或树脂材料制成的高反射率的内表面，树脂材料具有其上形成有高反射率的金属蒸发面的内表面。

标号334表示一种配置有多对棱镜部分的光学元件，棱镜部分由折射面和入射面上的反射面构成，折射面在准垂直于放电管302纵向的方向 (垂直方向) 上有折光力。做为此光学元件334的材料，高透射率光学树脂材料如丙烯酸树脂或玻璃材料是合适的。

本实施例可以在使辐射角有较大变化的同时显著地减小照明光学系统的整体形状，保持在所需的辐射范围内均匀的光分布特性以及光源与光学元件334之间最小量的位置变化，与图24至图27所示实施例的最大差异在于本实施例利用光学元件334的全反射作用执行光分布控制，不包围光学元件334之后的反射器333的周边部分。

放电管302在轴向的形状与根据图24至图27以及图31至图34中实施例的放电管302的形状相同。下面利用图35和图36解释根据本实施例的照明光学系统的最佳形状。

图35和图36表示根据本实施例在垂直方向产生辐射角变化的基本原理。此处，图35(a)和图35(b)表示一种对应于最窄辐射角度范围的状态，图36(a)和图36(b)表示一种对应于最宽辐射角度范围的状态。图中的(a)和(b)是同一部分的视图。

另外，为了简化解释，出于与图24至27所示实施例中解释的相同原因，图中只表示了从光源中心发出的光通量做为具有代表性的光通量。

首先将逐个解释上述照明装置光学系统的特有形状。形成的反射器333覆盖放电管302的背面，其形状是半圆柱形，几乎与放电管302同心。出于与图24至27所示实施例中解释的相同原因设定此形状。

然后解释光学元件334的详细形状。图35表示放电管302和光学元件334之间有预定距离的状态，这是本实施例中获得的最强的会聚状态。

如图35(a)所示，在光学元件334的光源侧有光轴L通过的中心区形成一个非球面柱状透镜表面334a，折射从光源中心发出的光通量的直射光部分，与光轴L形成一个较小的角度。因为此柱状透镜表面334a的非球面形状，光源中心发出的光通量被折射成关于此部分与光轴L准平行。

在柱状透镜表面334a的周围区域中以光轴L为中心的垂直方向上有多对棱镜部分，棱镜部分由折射面334b, 334b', 334d, 334d', 334f, 334f', 334h, 334h' 和反射面334c, 334c', 334e, 334e', 334g,

334g', 334i, 334i'组成，折射面接收与光轴成较大角度的入射光通量分量，该分量是从光源中心发出的没有穿过柱状透镜表面334a的光通量，反射面几乎满足从相应折射面入射的光的全反射条件。

然后，把反射面334c, 334c', 334e, 334e', 334g, 334g', 334i, 334i'的形状做成在反射的光通量处于预定的会聚态。

因而，入射到光学元件334各个部分上的光通量被光学元件334折射或全反射，并再从同一出射面334j射出。

因为本实施例以在垂直于光学元件334光源侧上光轴的垂直方向上彼此重叠的方式放置多对棱镜部分，所以本实施例有一个优点，即显著减小照明光学系统在光轴L方向的深度。当把此结构应用到可以改变辐射角的照明光学系统时，本实施例也有一个优点，即显著减少光轴L方向上光源和光学元件334之间在辐射角改变时的位置关系变化量。这在实现辐射角可变型照明光学系统上是非常有效的，形成的该系统尽管结构非常薄，但仍具有能够实现所需光分布特性的最小体积。

另外，因为本实施例中位于最外侧的反射器没有相对于光轴L的周边部分，并且没有图24至图27、图31至图34所示光学元件折射通过的光路，所以可以容易地获得稳定的光学特性，而不需要考虑反射器和光学元件之间定位的精确度或反射器和光学元件之间的相互干涉。

图35(b)是一个表示光源中心发出并入射到光学元件334各个表面上的光通量经过的光路的轨迹图。如图所示，从光源中心发出的大部分光通量变成几乎与光轴L平行。即可以利用本实施例光学系统中的光学结构实现最强的会聚状态。

另一方面，图36表示与图35所示状态相比放置得离光学元件334较近的放电管302，光学结构设置成其辐射角度范围延伸一个预定的量。在此实施例中，此状态中的光分布特性对应于安装广角透镜时的光分布特性。

首先，在此光学结构的情形中，由折射面334b, 334b'和反射面334c, 334c'之间的交线形成的边缘334k和334k'接近反射器333。因而，当光学元件334接近反射器333时，从光源中心发出并入射到柱状透镜表面

334a的光线部分如图36(b)所示地增大，而入射到光学元件334周边部分折射面334h和334h'上的光通量极度地减小。

因而，在图35所示的会聚态，从中心区中的折射区与棱镜周边部分反射区发出的所有光通量与光轴准平行。并且如图36所述，可以通过使光源和反射器333组成的发光部分与光学元件在光轴L方向接近而逐渐改变从上述区发出的光的会聚态。

这使得可以对辐射角度范围做一个很大的改变，而光源和光学元件334在光轴方向上的相对位置有很小的改变。尤其是把棱镜部分的多个反射面如此放置以从光轴侧到周边侧彼此重叠使得可以实现一种在光轴L方向有极小深度的照明光学系统。

本实施例在光学元件334的上下两侧形成四个反射面，但本发明不限于四层反射面。随着反射面层数的增加，可以构成一种较薄的光学系统。

另外，为了减小光学系统的整体尺寸，除多层反射面之外还需要考虑反射面的间距。本实施例设计成通过对接近形成在光学元件334中心区中的柱状透镜表面334a的区域中的反射层间距分区并加宽朝向周边的间距实现整体形状的平衡，原因如下：

首先，从光源和把光通量导向反射面的各个折射面之间的位置关系来看，当每个折射面上的入射角变化而光通量远离光轴L时，入射角减小。这从图35(b)中也可以明确看出，并且入射到接近光轴的折射面334b上的光具有相当大的入射角，而入射到周边部分中的折射面334h的光有较小的入射角。因而，入射到每个折射面上的光的入射角的差异对此折射面设置的反射面形状也有相当大的影响。

即对于具有锐角入射角的折射面，需要形成较深的反射面，即形成延伸到出射面一侧的反射面。但是，以这种方式延伸反射面使得更难减小照明光学系统在光轴方向的厚度，这是本发明的最大目的。

因而，为了避免此问题，本实施例缩窄了接近光轴的折射面上光通量有一个大入射角的入射区。换言之，本实施例缩窄了接近光轴的棱镜部分的间距，避免了反射面超过预定的深度。

为此，通过缩窄接近光轴的棱镜部分的间距并加宽周边棱镜部分的间距，可以保持在光轴方向上入射面侧的反射面端部上的位置几乎恒定并减小光学元件的厚度。由于同样的原因，通过增加反射面的数量，可以减小反射面的深度并减小光学元件的整体厚度。因此，如果欲把光学系统的整体尺寸减到最小，则希望缩窄此间距。

顺便说一下，当反射面数量增加时，可以实现光轴方向的小型化，但在垂直于光轴L的垂直方向的尺寸增加。因而，本实施例通过加宽反射面的间距避免了当与光轴L的距离增大时尺寸的不必要扩大。尤其是本实施例通过相对于光源把最外侧折射面334h、334h'和反射面334i、334i'覆盖到一个很大的角度范围，避免了在垂直于光轴的方向上的尺寸扩大。

本实施例已经描述了这样的情形，即关于具有四层反射面的光学元件334优化了光学特性，并且本实施例还获得通过上述在光轴L方向上把厚度减到最小的措施达到在垂直方向上尺寸的减小。

本实施例特有的效果包括：

第一，本结构非常简单。做为反射器333，可以使用与放电管302、即光源同心的微型半圆柱形反射器。另外，关于辐射角度范围的变化，可以实现一种这样的照明光学系统，其辐射角度范围可以只通过改变光源和光学元件334之间的位置关系以一种非常简单的结构改变。

第二，本实施例可以用光源发出的光通量非常有效的辐射一个物体。本实施例对从光源向前发出的经光学元件334折射或反射的所有光通量（包括被反射器333反射的光通量）执行光分布控制。因而，与常规反射器金属表面上的反射相比，本实施例可以有效地导向光通量，并且还可以有效地使用有限的能量。

第三，本实施例可以在反射器333和光学元件334之间的周边形成一个宽范围的空气层。在常规的光导型电子闪光灯中，通常把树脂材料放置得接近光源，这导致光源发出的热使光学元件变形的问题，使得不能够获得依据发光条件的初始光特性。采用此实施例的结构可以扩展放电管周围的空间，减小连续发光期间辐射热和对流热对树脂材

料的影响并避免了光学特性的衰减。

图37和38表示本发明另一实施例的照明装置的光学系统的结构。本实施例是一种局部改变了图35和图36中所示实施例的模式。图37表示具有缩窄的辐射角度范围的会聚态，图38表示具有加宽的辐射角度范围的发散态。本实施例是一个通过缩窄图37所示的辐射角度范围而获得事先给定的光分布特性的照明光学系统，它决定每个部分的形状，使得在此状态下获得最优越的会聚性能。另外，图37(b)和图38(b)还表示从光源中心发出的代表性光束的轨迹线。

在上述附图中，标号302表示做为光源的柱状放电管(氙管)。标号333表示向前反射放电管302发出的光通量的半圆柱形反射器。

标号334表示一种配置有多对棱镜部分的光学元件，棱镜部分由折射面和反射面构成，折射面在垂直于入射面上放电管302纵向的垂直方向上有折光力，反射器345与之固定成一体。此反射器345用于构成具有与图35和图36所示实施例中最外侧棱镜部分(334h, 334i)相同功能的反射面。此反射器345的反射面由抛物面形金属反射面构成。另外，做为此光学元件334的材料，高透射率光学树脂材料如丙烯酸树脂或玻璃材料是合适的。

本实施例可以在获得辐射角有较大变化的同时显著地减小图像拾取装置的照明光学系统整体形状的厚度，保持在所需的辐射范围内有均匀的光分布特性以及光源与光学元件334和反射器345之间在光轴L方向最小量的位置变化。与图35和图36所示实施例的最大差异在于本实施例用反射元件代替光学元件的部分反射面。

放电管302在轴向的形状与根据图24至图27以及图31至图34中实施例的放电管形状相同。下面详细解释根据本实施例的照明光学系统的最佳形状。

图37和图38表示在垂直方向产生辐射角变化的基本原理。此处，图37(a)和图37(b)表示一种对应于最窄辐射角度范围的状态，图38(a)和图38(b)表示一种对应于最宽辐射角度范围的状态。图中的(a)和(b)是同一部分的视图。(b)是在截面图(a)中加入了

一条光的轨迹线。

另外，为了简化解释，出于与第一实施例中解释的相同原因，图37(b)和图38(b)中只表示了从光源中心发出的光通量做为具有代表性的光通量。

此处关于光学结构，主要解释与图35和36中实施例的不同之处。图37表示一种在放电管302和光学元件344之间有预定距离的状态，在此实施例中获得最强的会聚态。

如图37(a)所示，在光轴通过的中心区中柱状透镜表面344a和其周边的三对棱镜部分（由折射面334b, 334d, 334f, 334b', 334d', 334f'和反射面334c, 334e, 334g, 334c', 334e', 334g'构成）与图35和图36中的实施例具有几乎相同的形状。光学元件345的最外层区域由本实施例中的平面部分344h和344h'构成。

另外，反射面345与面对光源的平面部分344h和344h'一侧上的光学元件344形成一体。在图37所示的最强会聚态，反射元件345有一个抛物面，其焦点是光源的中心，使得从光源中心发出的光通量变成与光轴准平行的光通量。

通过这种方式决定元件的形状，本实施例可以提供与第三实施例几乎相同的光学特性。在图38所示的最宽辐射角的状态中，反射器345用于加宽辐射角度范围，与图35和图36所示的实施例有几乎相同的效果。

此处解释本实施例使用与光学元件344形成一体的反射器345的原因。

第一原因在于，在图35和图36的实施例中，包括反射面334i的最外侧区域是一个具有光学元件334最大厚度的部分，它会需要更多的时间模制光学元件344并导致成本增加。即本实施例目的在于使光学元件344的整体厚度均匀，从而缩短模制时间。

本实施例采用具有金属反射面的反射器做为反射器345，在成本上比以往高，但本发明不限于此种模式。可以利用把这些周边部分不作为棱镜而做为反射面的方法提供类似的光学特性，也就是这样一种方

法，用一种薄材料构成反射面并用一部分材料做为蒸发面构成反射面的方法，或用高反射率的薄材料构成反射面代替过去利用高反射率的反射器的方法。

第二个原因在于本实施例的目的在于减轻光学元件的重量。光学元件的重量很大地依赖于此最外侧棱镜部分，并且减轻此部分的重量也是一个目的。

如上所述，本实施例提供三对用于光学元件344的反射面（棱镜部分）和其周边的一对反射器345，构成一个在上下两侧有四层反射面的光学系统，但本发明不限于这种有四层的光学系统。例如，也可以提供两层或多层的反射器或形成内反射面代替最外层反射面，用作反射器。当反射面数量增加时，可以构成一个较薄的光学系统。如对图35和图36中实施例的解释，还可以改变反射面的间距。

图39和图40表示本发明另一实施例的照明装置的结构。本实施例是上述图24至27所示实施例的一个改型实例。图39是照明装置光学系统的分解透视图，图40只是光学元件的后视图。因为轨迹线和光分布特性等与其它实施例的几乎相同，因此在此省去对它们的详细解释。

本实施例由图24至图27中所示实施例中解释的照明装置的照明光学系统的两对反射面和形成在入射面上做三维形状改进的光学元件354组成。本实施例的目的主要在于改善在物体表面四个角上的光分布特性。

改变辐射角的操作通过把放电管352和反射器353保持为与图24至图38中所示实施例的情形一样的一体结构并改变这些元件和光学元件354在光轴方向的位置关系而进行。辐射角度范围的改变与其它实施例的相同。

在图39和图40中，标号352表示一个做为光源的柱状光源，353表示一个反射器，354表示一个单件式棱镜状光学元件。这些光学元件的功能与图24至27中实施例的几乎相同，但本实施例的特点在于光学元件354放电管352一侧上每个入射面的形状。

在这些图中，覆盖放电管352背面的部分反射器353形成半圆柱形

(以下称作“半圆柱部分353a”), 与放电管352几乎同心, 并且还包含在光学元件354的垂直方向覆盖最外侧反射面354e和354e'背面的复曲面353b和353b', 以及连接上述复曲面353b和353b'和半圆柱部分353a的平面部分353c和353c'.

另一方面, 在光学元件354入射面上光轴通过的中心区中形成一个透镜表面354a, 其中该透镜表面354在垂直于光轴(垂直方向)的方向上具有正折射率, 并且在入射面上的周边形成棱镜部分上下侧每个的两层(两对), 其中棱镜部分由折射面和反射面组成。

本实施例与图24至图27中实施例的不同之处在于中心区中的透镜表面354a和周边区域中的反射面354c、354c'、354e、354e'由三维曲面构成。

更具体地说, 在中心区中形成一个复曲面做为透镜表面354a, 组成棱镜部分的锥面形第一折射面354b和354b'以及复曲面形第一反射面354c和354c'在垂直方向关于光轴对称地形成于上述复曲面周边的区域中。

在另一周边区域中, 在垂直方向关于光轴对称地形成棱镜部分的锥面形第二折射面354d、354d'和复曲面形第二反射面354e、354e'. 另外, 在出光面354h上形成多个棱镜阵列。

下面解释光学元件354的会聚操作和以此方式的成形效果。

首先, 在透镜表面的中心和左右方向的周边部分之间, 复曲面透镜表面354a逐渐变形, 其在垂直方向的宽度减小, 在水平方向垂直于每处光轴(垂直方向)的位置处的折射率逐渐改变。

这使得整个光分布特性均匀并防止在物体辐射面上的光分布变化, 而这种情形很可能在棱镜部分的折射面和反射面之间的边界上发生。

另外, 不仅构成带有复曲面的中心区而且还在具有复曲面的周边部分中构成反射面354c, 354c', 354e, 354e'使得可以使辐射范围的四个角上的光分布特性均匀, 其中复曲面在水平和垂直方向的截面形状按照其位置逐渐改变。

因而，本实施例可以通过做为关于从放电管352中心发出的光通量的两对复曲面的复曲面透镜表面354a和反射面的作用构成一种窄辐射角度范围的具有高度会聚的光分布的照明光学系统。

另外，把光学元件354的反射面分区成比现有技术中小的部分并将这些分区放置在垂直方向使得能够象图24至图38中上述实施例中的情形一样地减小光学元件354的厚度。另外，因为棱镜部分折射面和反射面之间界面的边缘远离光源的中心，所以可以防止光学树脂材料受光源辐射热量的影响降低了对光学特性的不利影响。

另外，利用透镜表面以及每个反射面的复曲面外形，本实施例具有这种特殊的效果，即可以很容易地构造一种无需任何特殊的光学系统即可以在辐射范围中的四个角上有均匀光分布特性的照明光学系统。

如上所述，图24至图30中所示的上述实施例可以提供一种与常规的可变范围型照明装置相比能够显著地减小系统厚度并能高效利用光源发出的能量以及获得在辐射面上有均匀光分布特性的照明装置。

另外，本实施例可以提供一种薄形的照明装置，该装置能够通过提供一对或多对分布在垂直于光轴方向的反射部分在包含以光轴为中心的光源的径向的平面内获得均匀的光分布特性。

另外，通过把光源中心发出并入射到上述反射部分上的光与光轴形成的角度 α 满足下列角度范围：

$$20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$$

本实施例可以同时减小在照明装置垂直方向上的厚度和尺寸。

然后，可以把上述照明装置安装在一个小型图像拾取装置上，尤其是一种卡片式图像拾取装置上做为辐射范围可以改变的照明装置。

图1 (a)

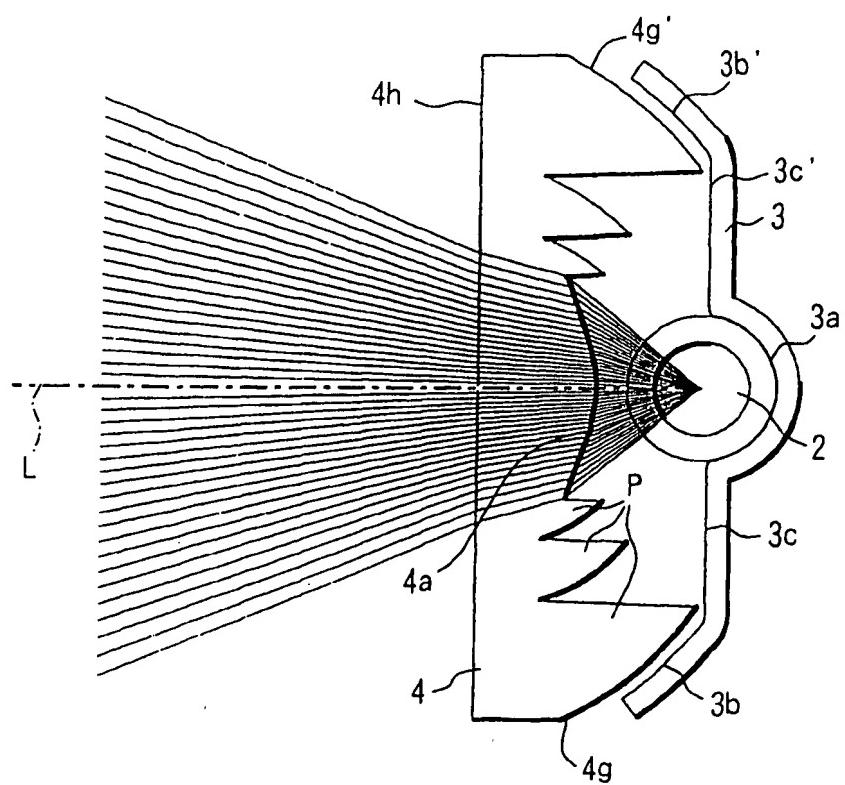


图1 (b)

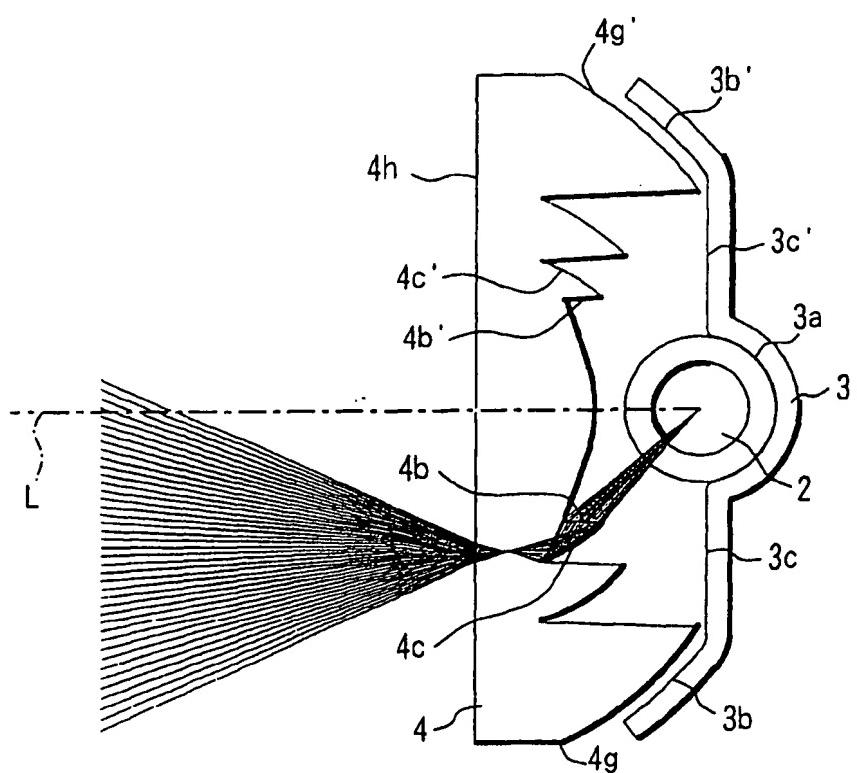


图2(a)

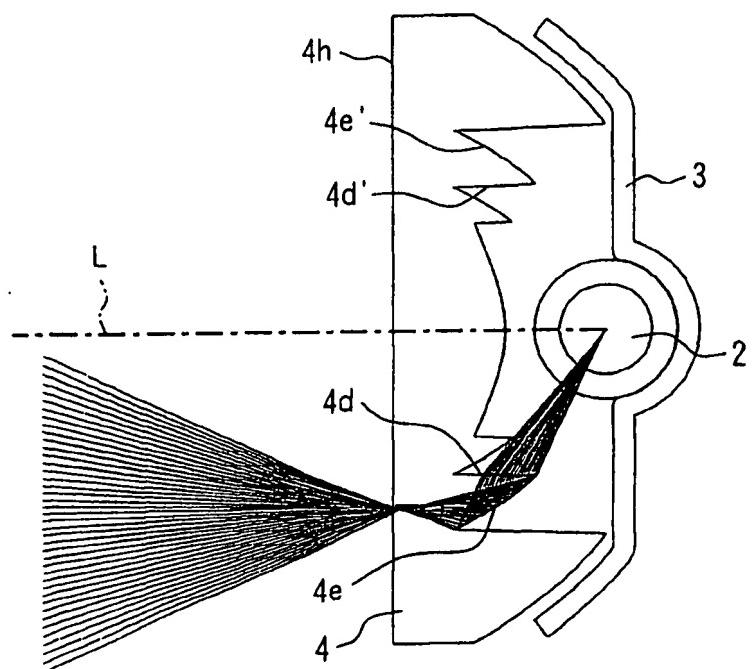


图2(b)

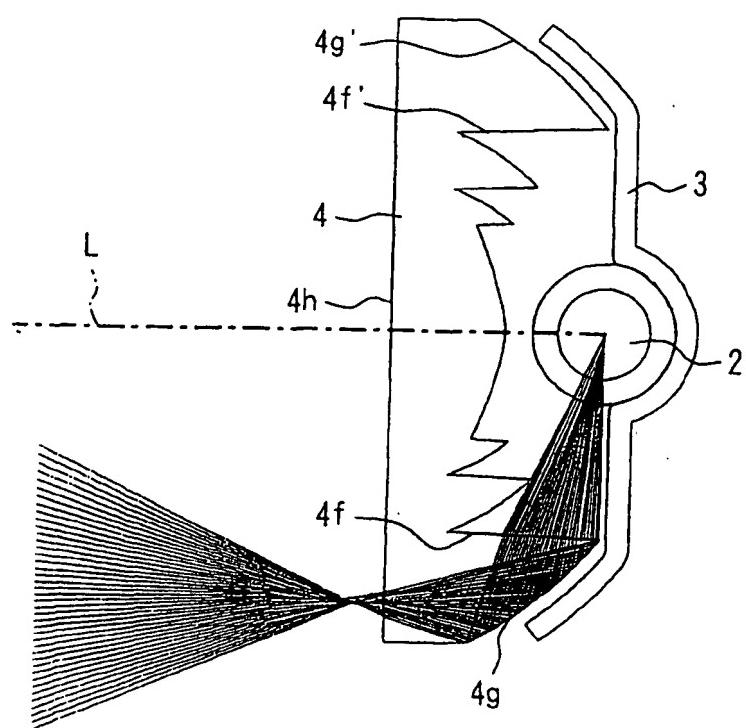


图 3

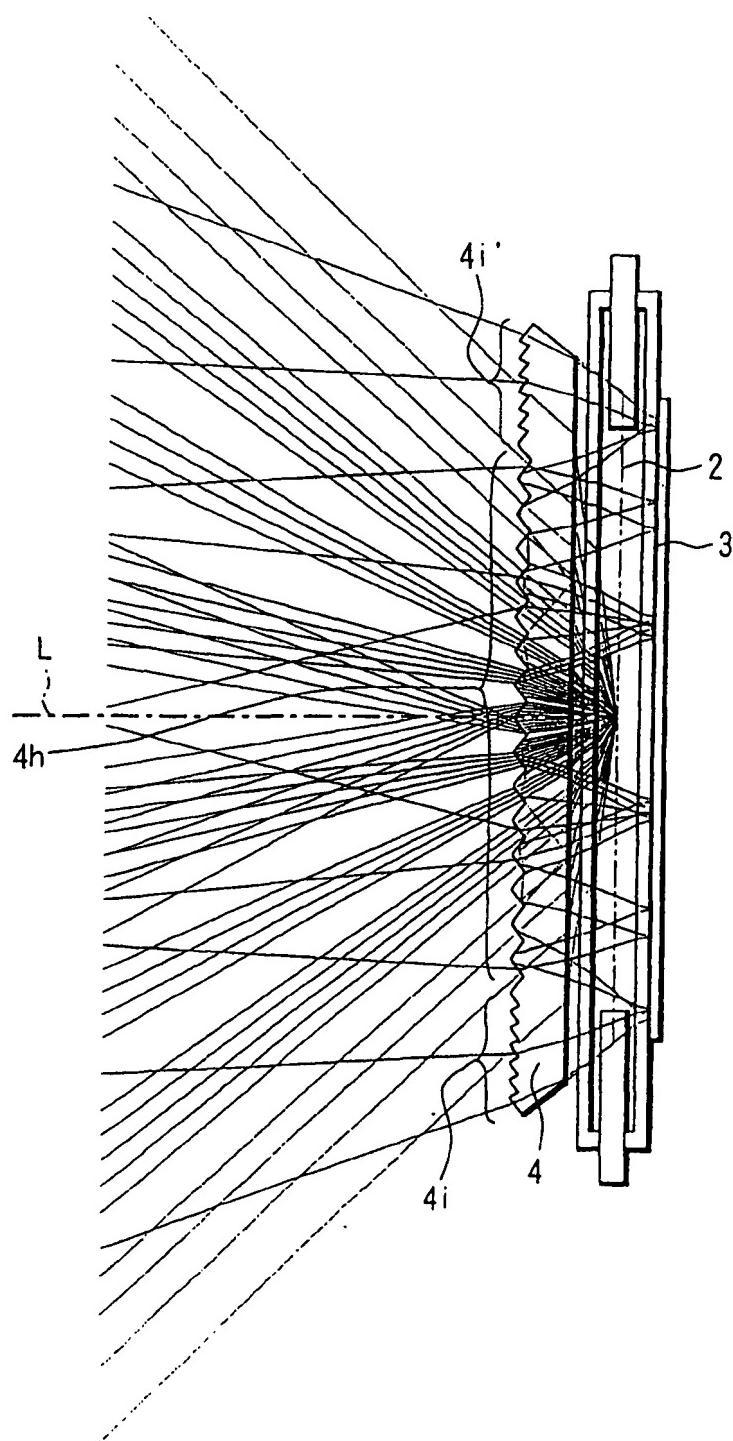
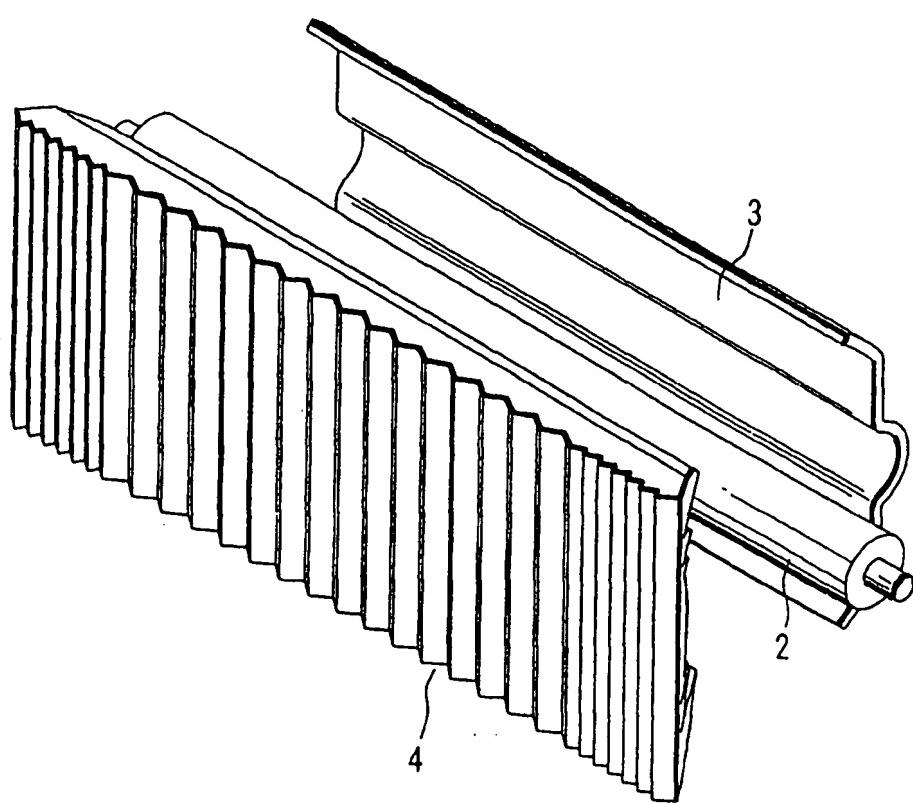


图 4



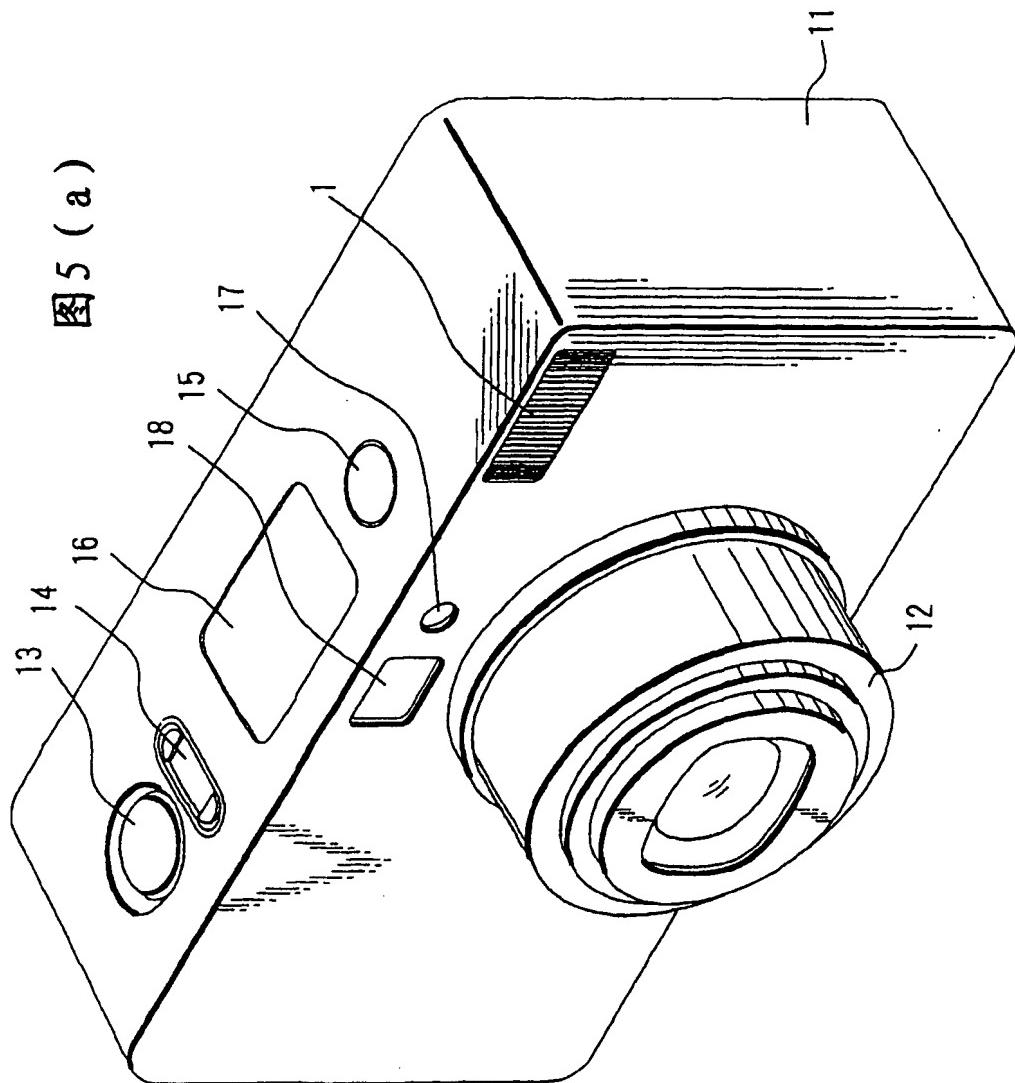


图5(b)

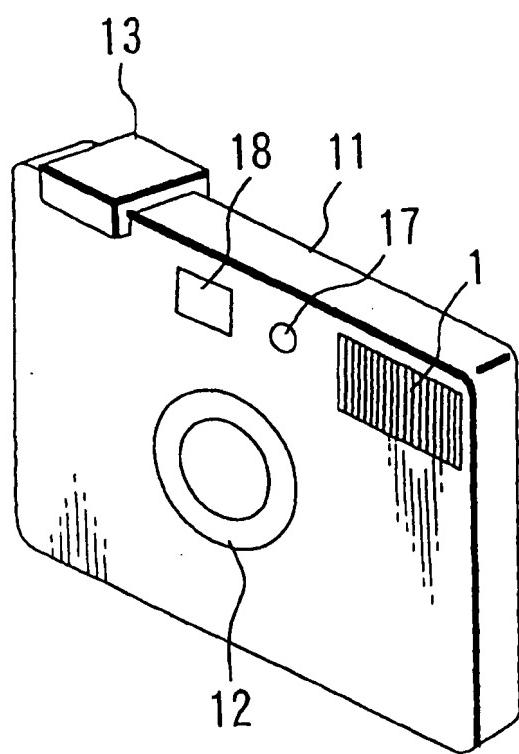


图 6

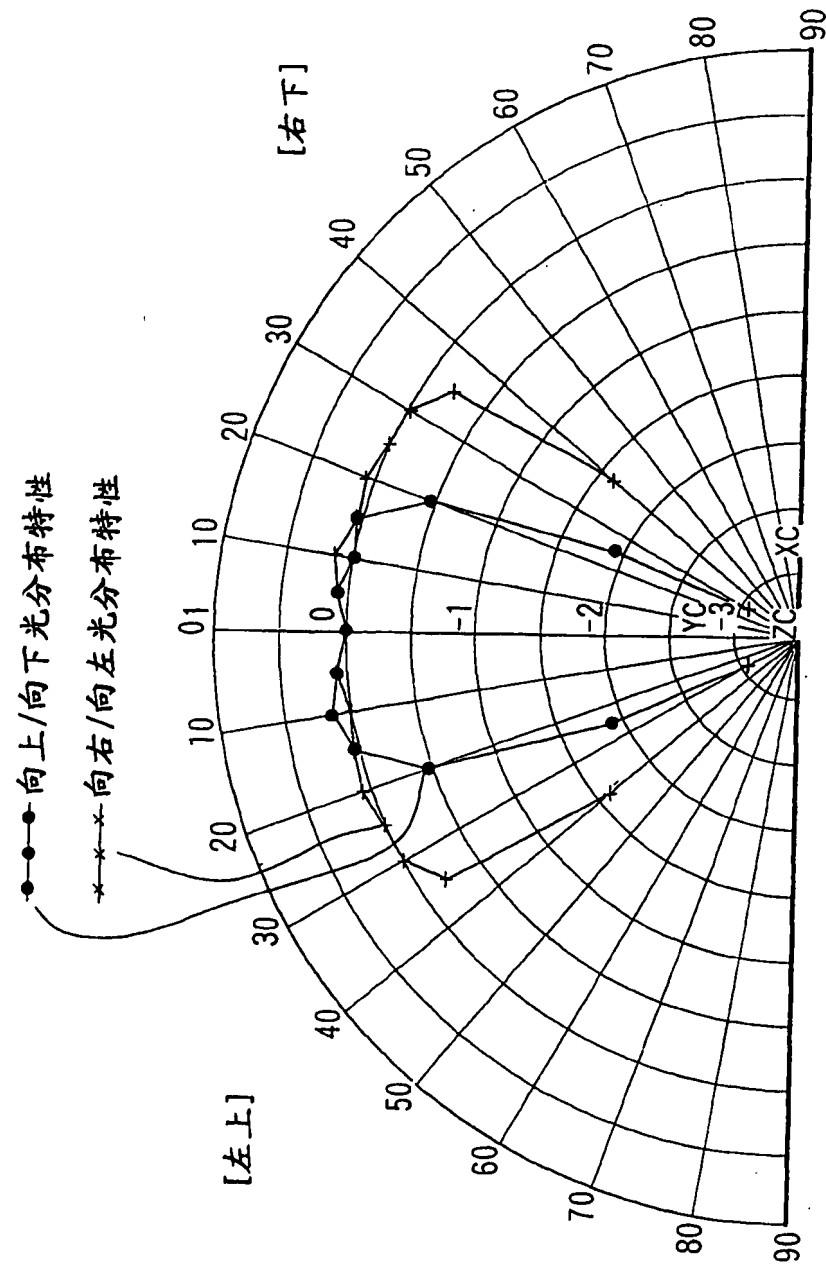


图 7 (a)

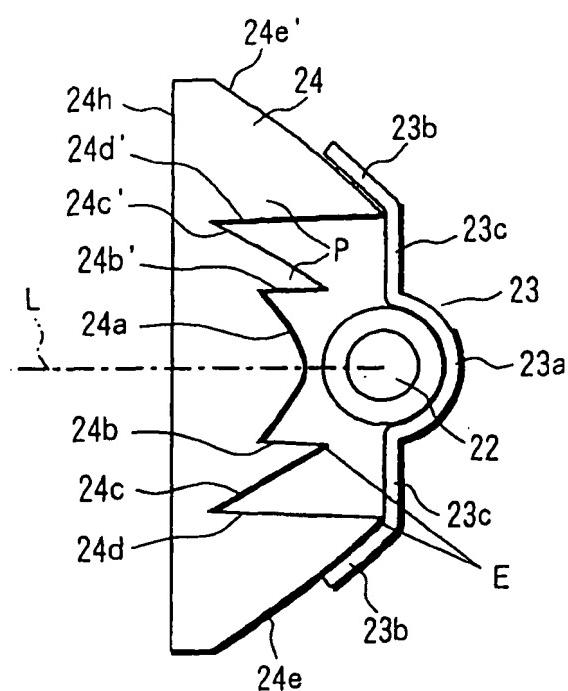


图7(b)

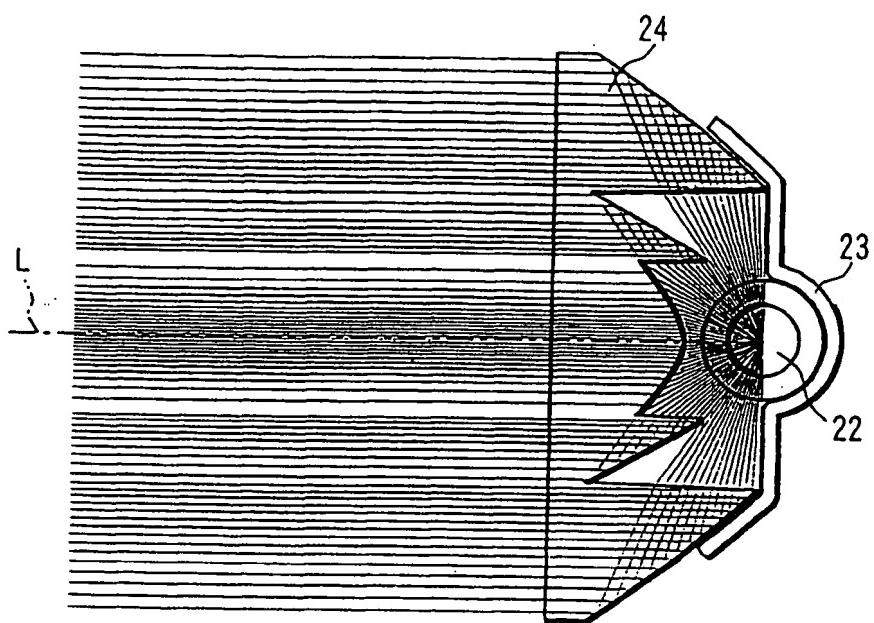


图8

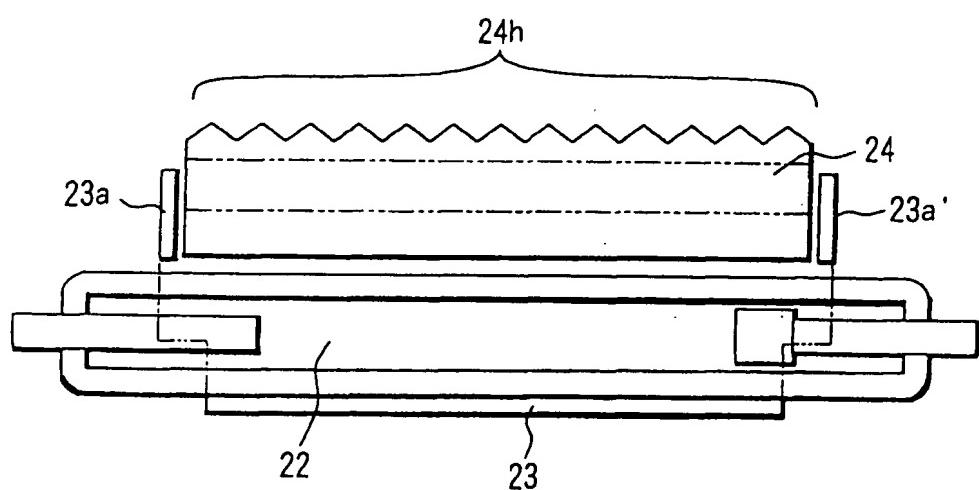


图 9

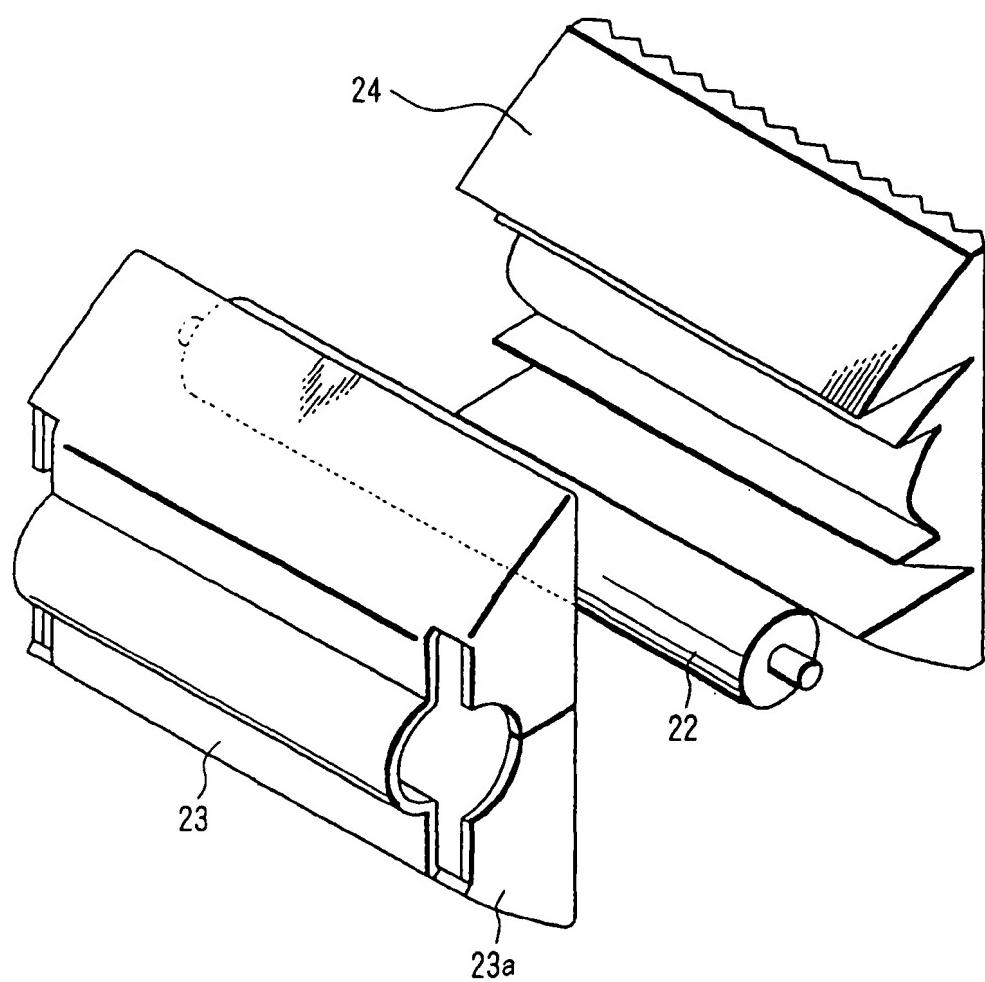


图10 (a)

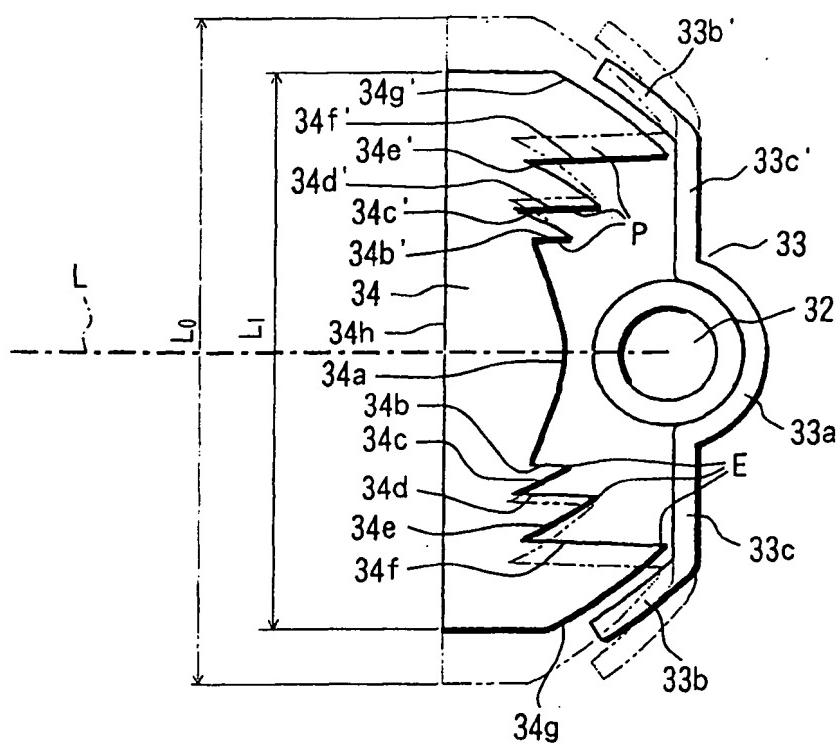


图10(b)

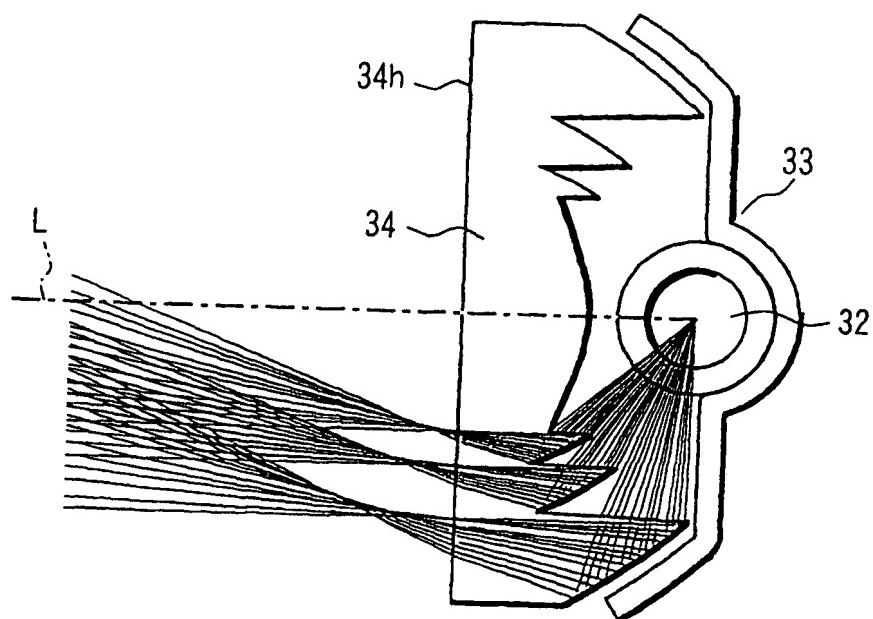


图 11

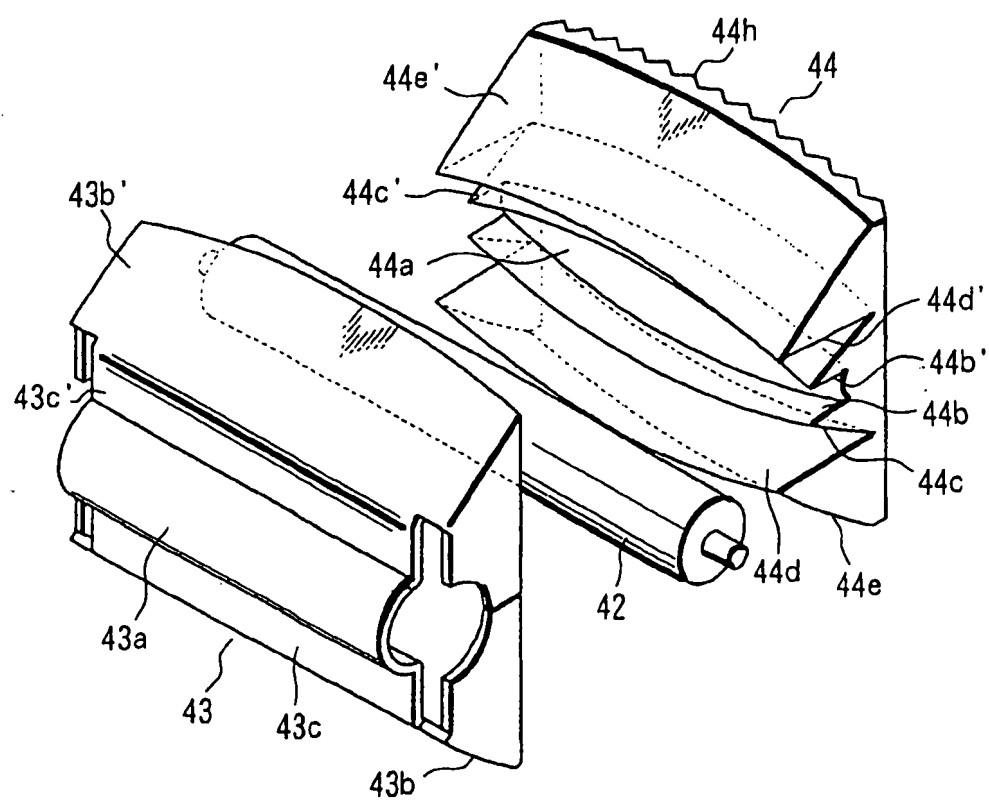


图 12

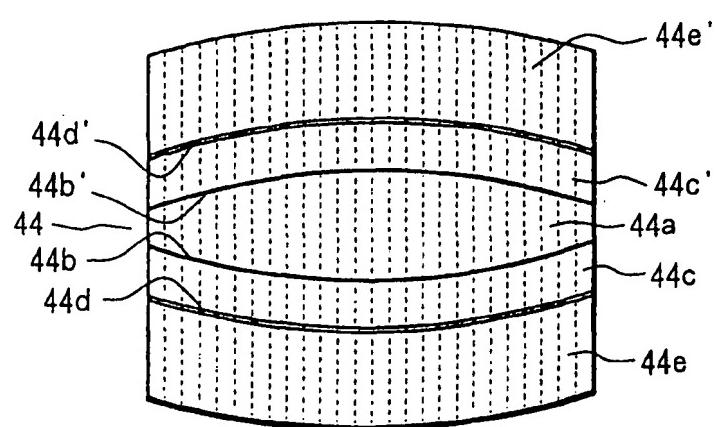


图13 (a)

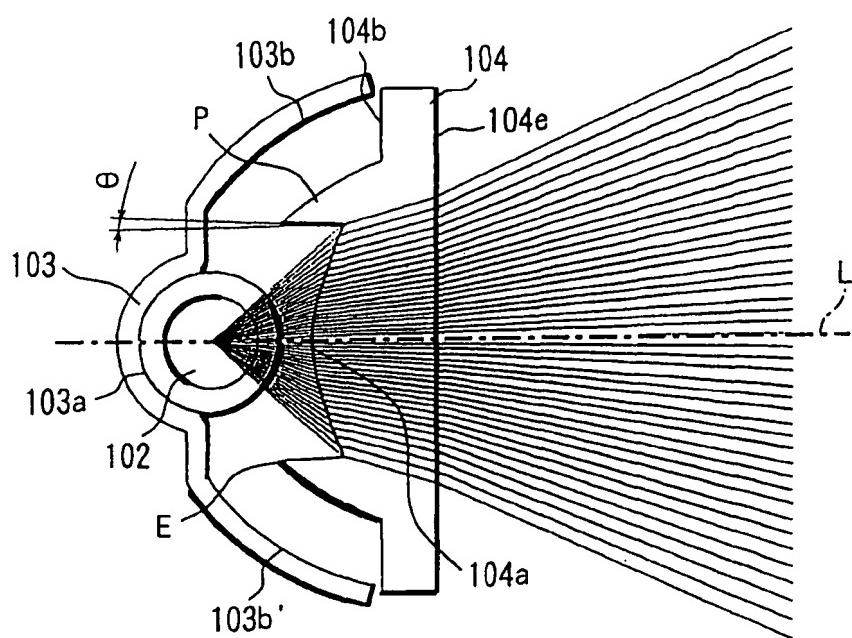


图13(b)

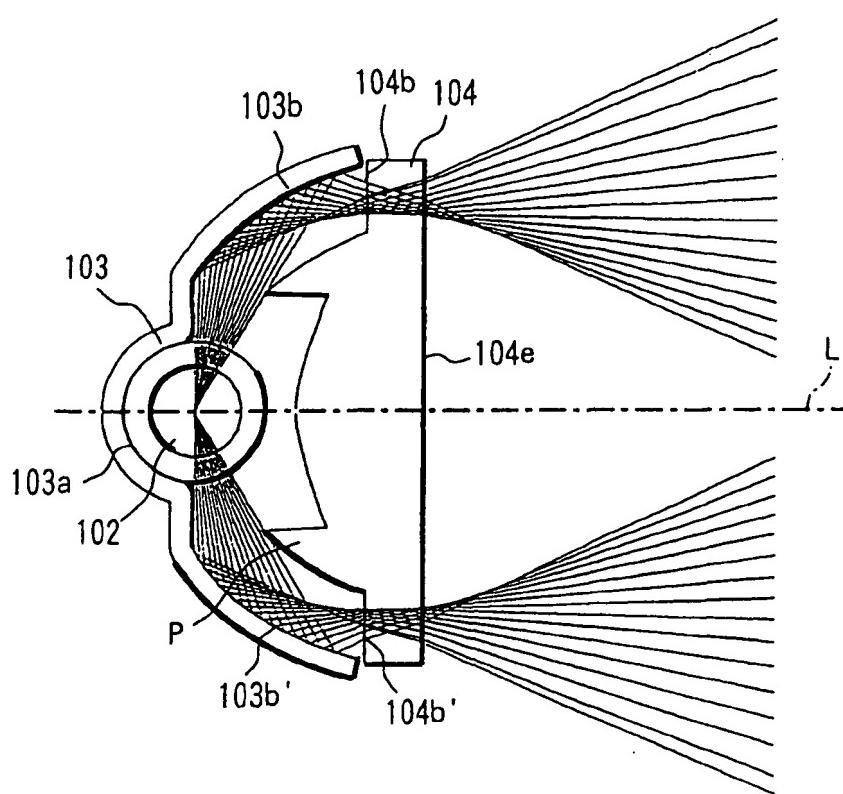


图14 (a)

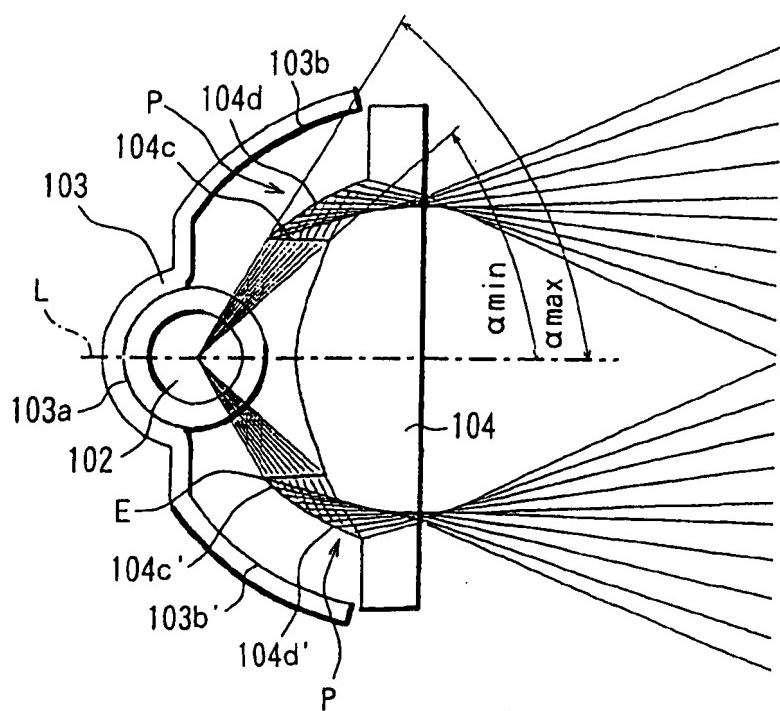


图14 (b)

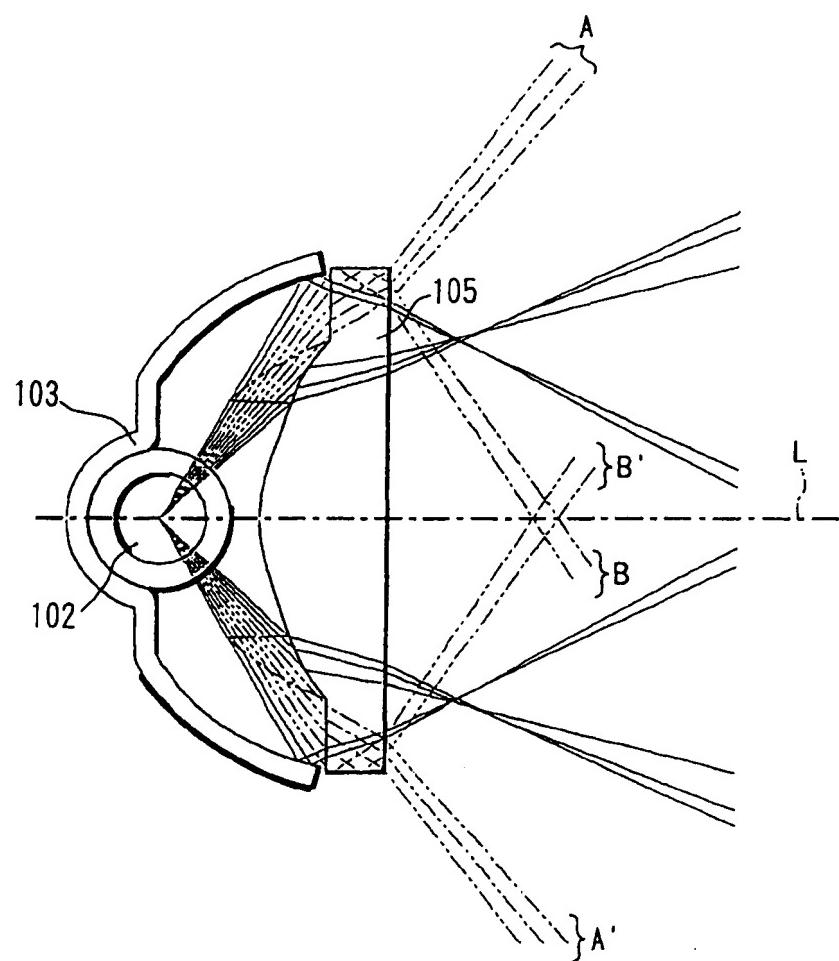


图 15

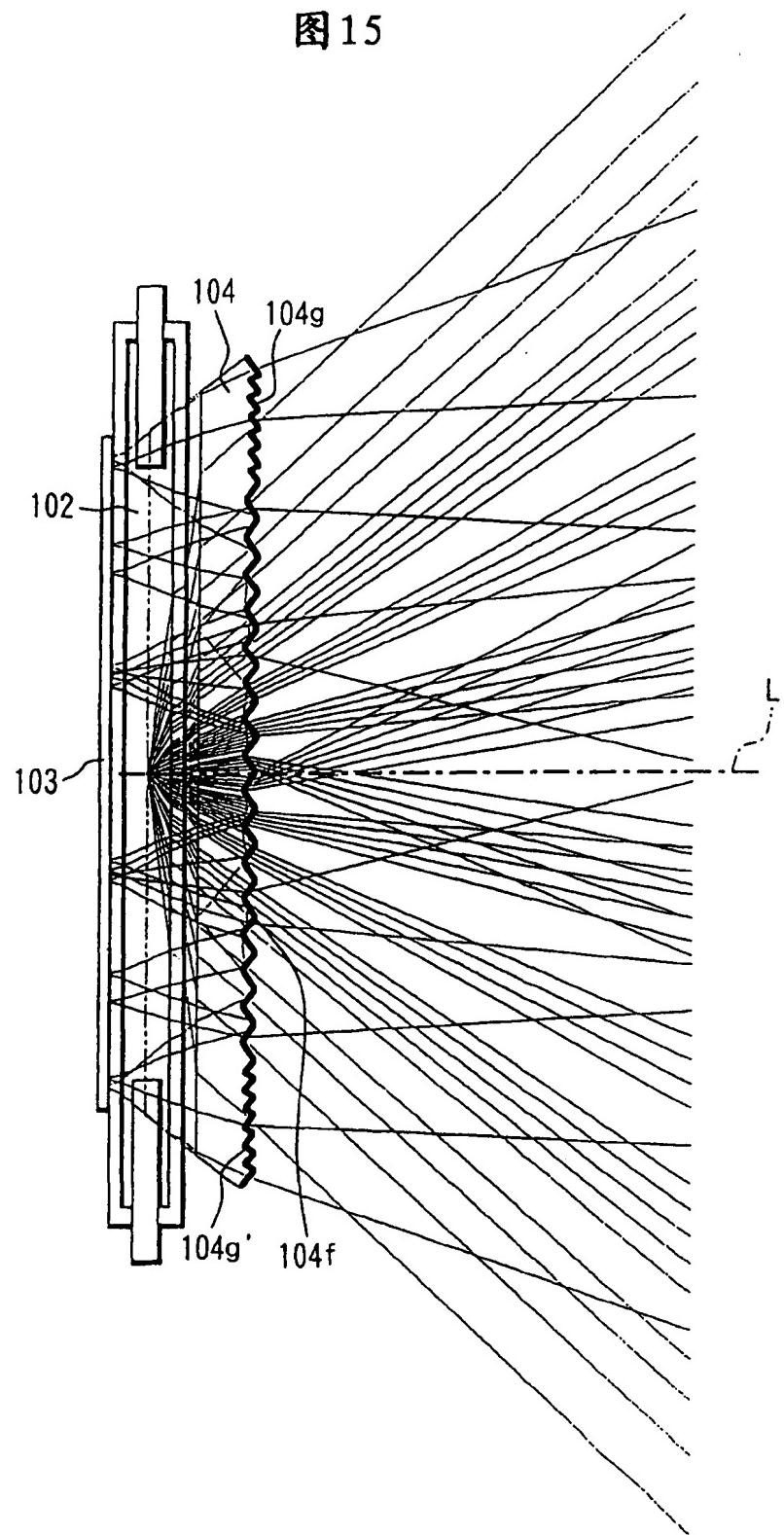


图 16

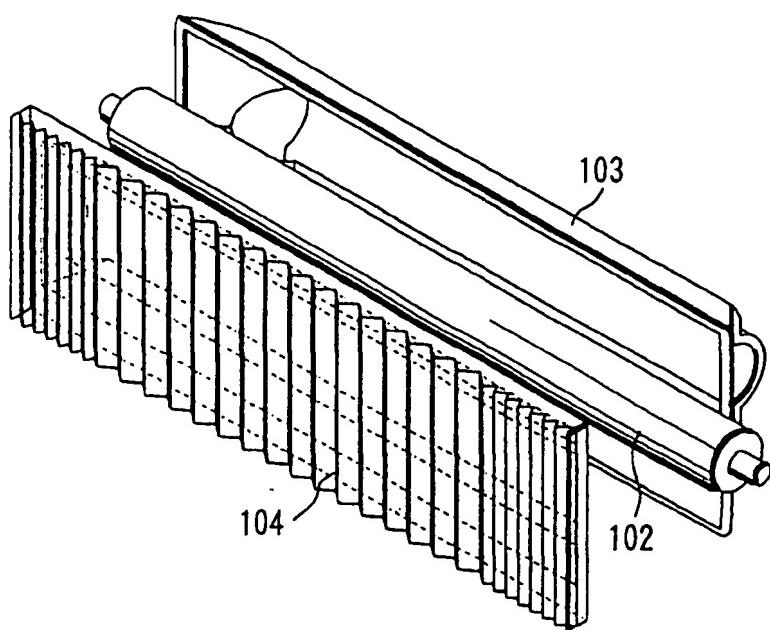


图17

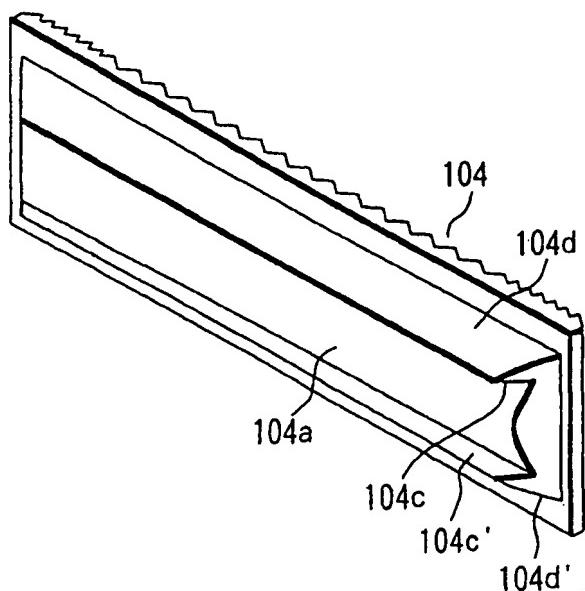


图18 (a)

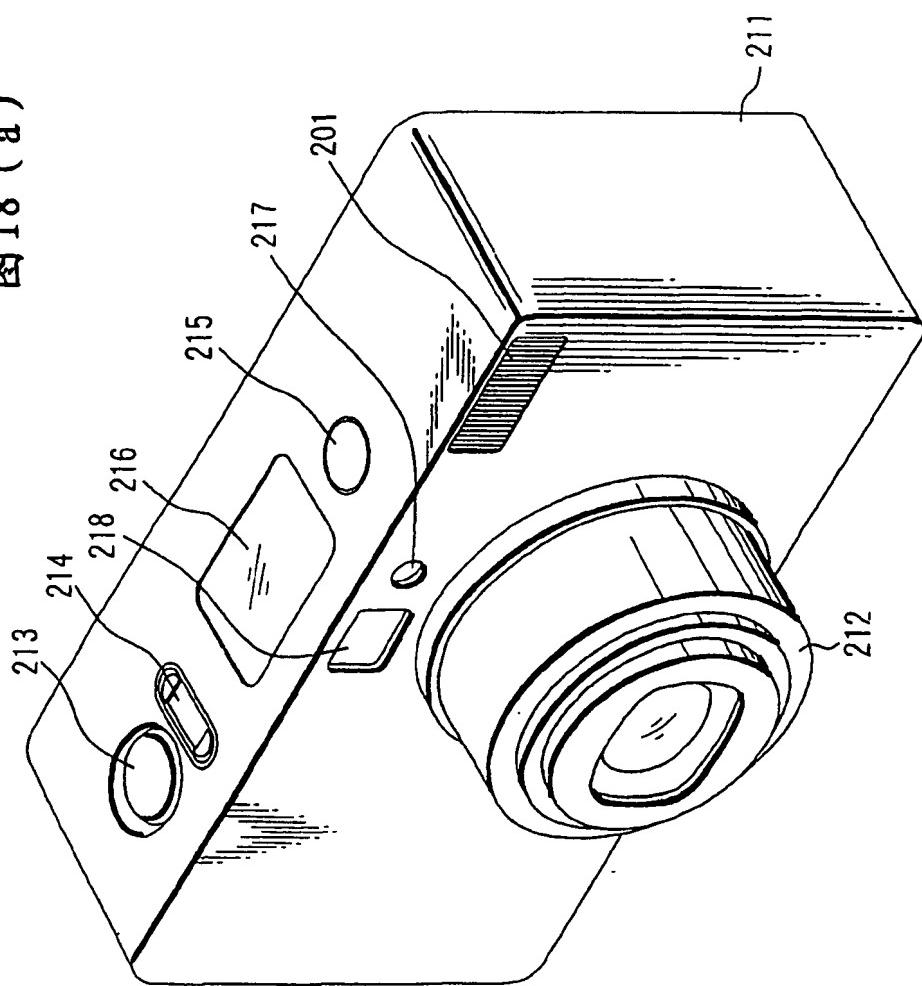
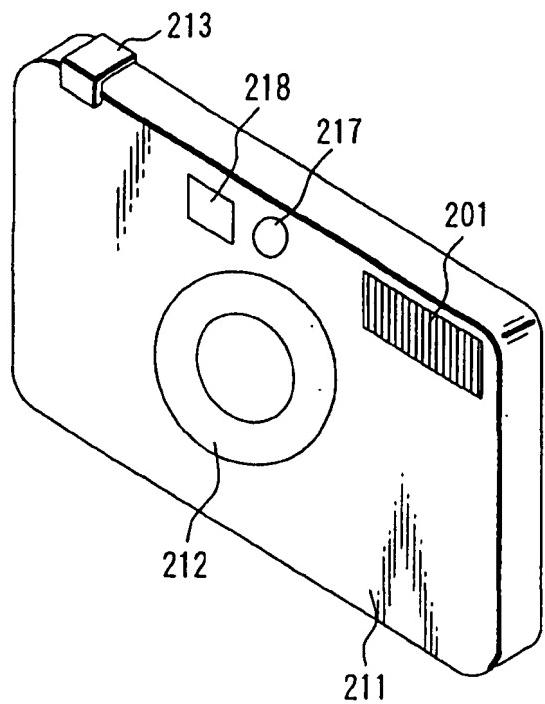


图18 (b)



18/40

图19 (a)

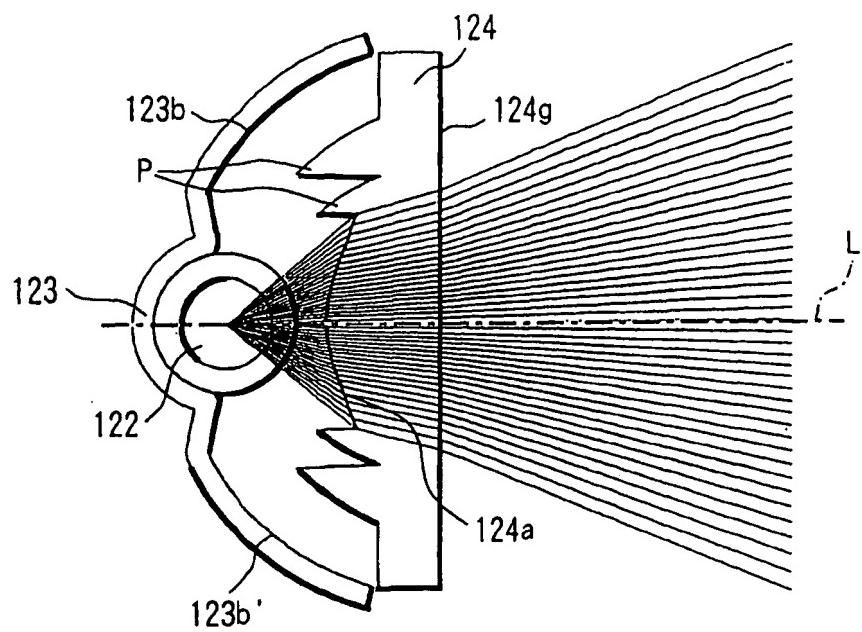


图19 (b)

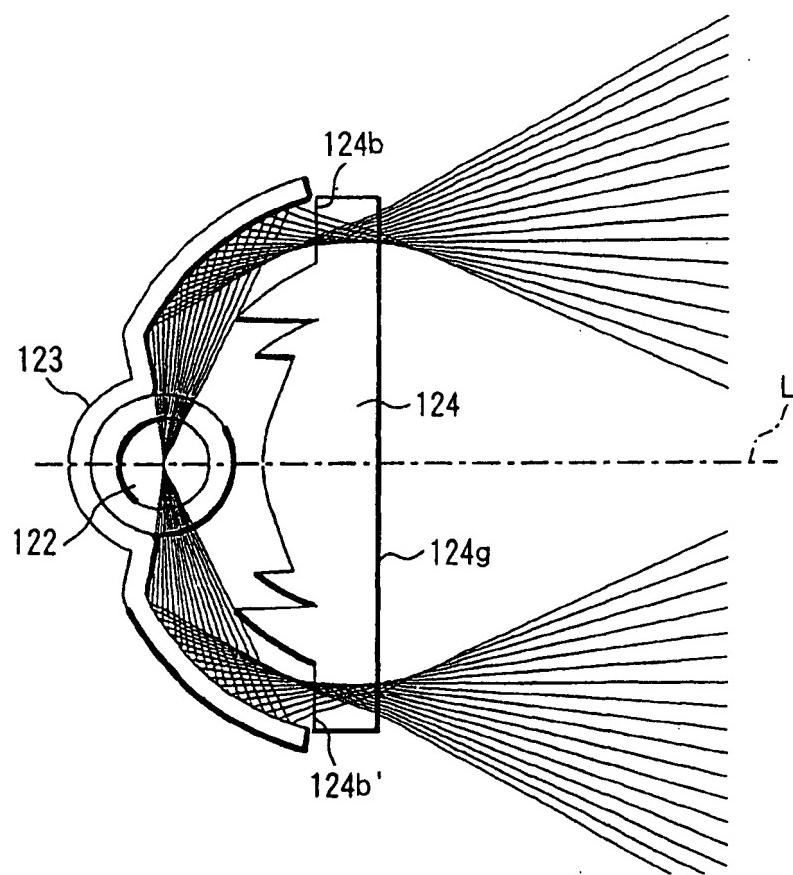


图20 (a)

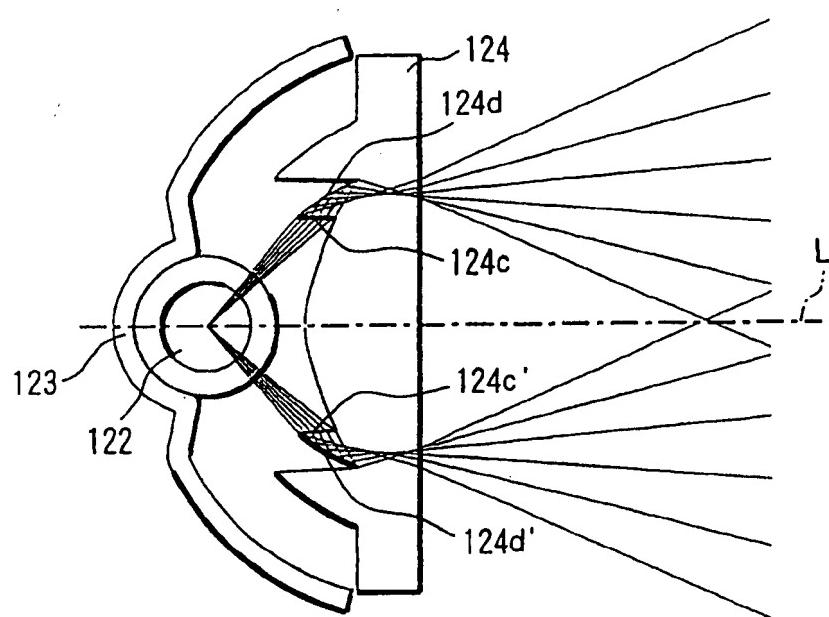


图 20 (b)

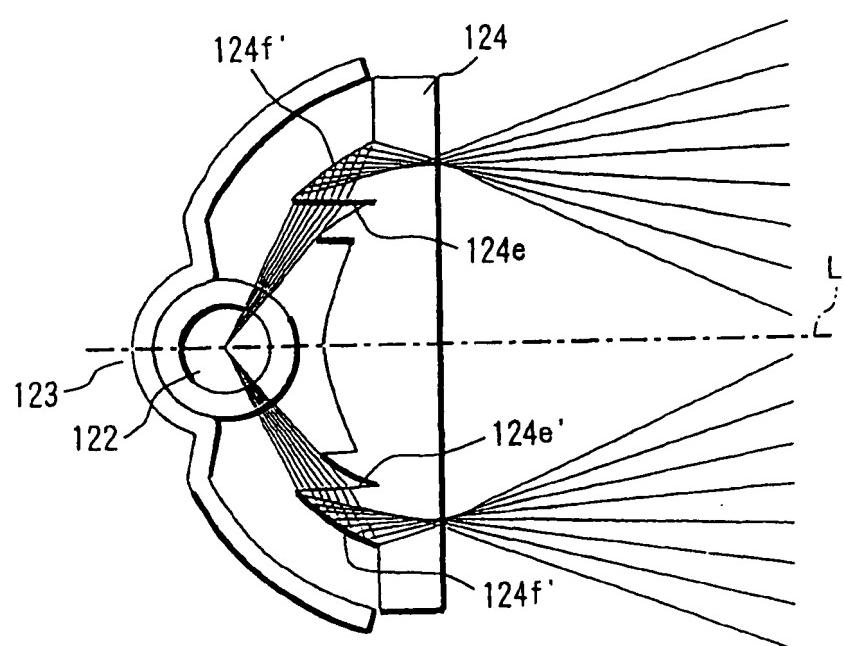


图 21 (a)

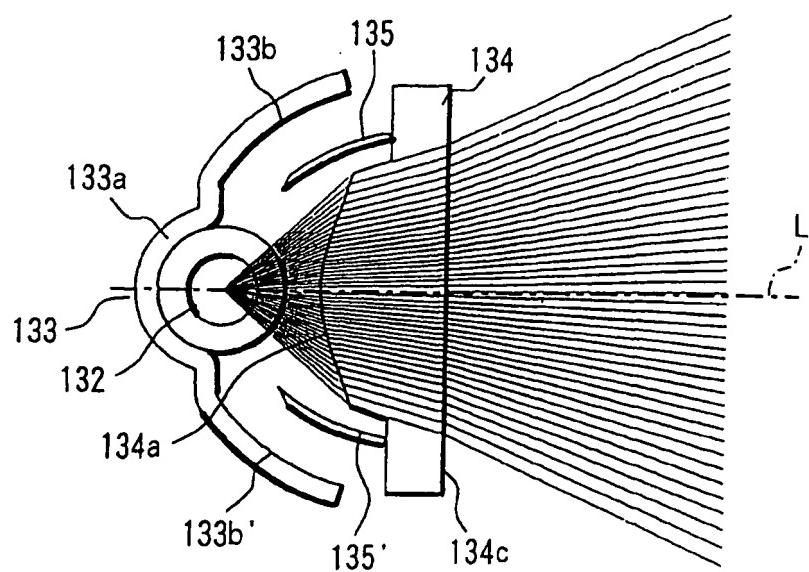


图21 (b)

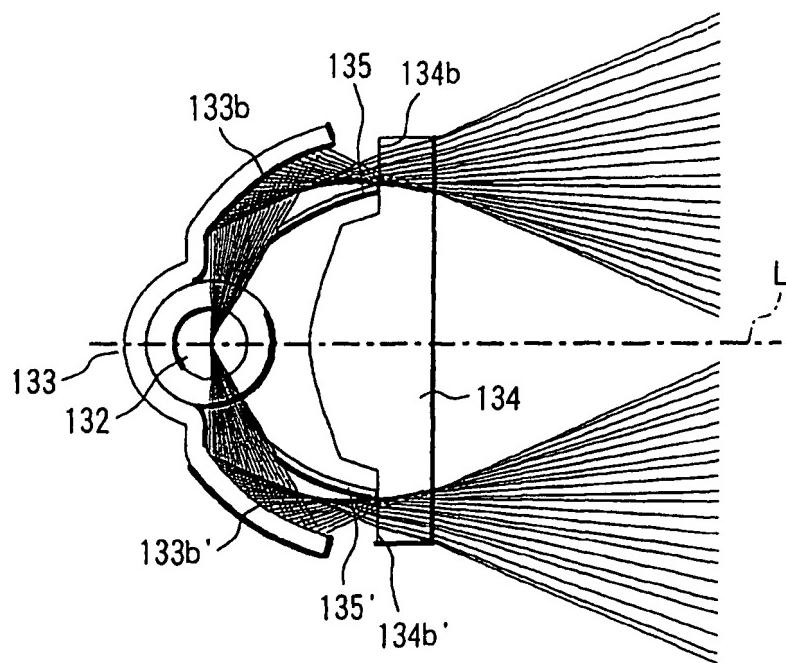


图 22 (a)

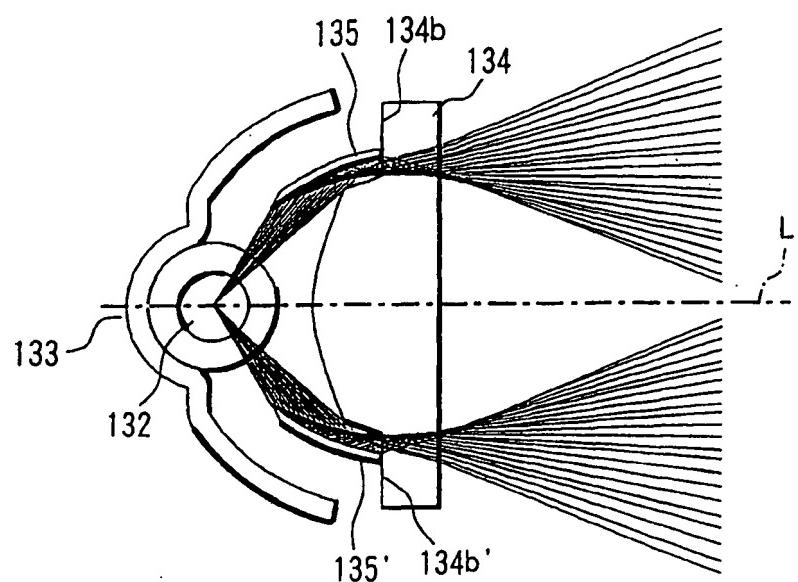


图 22 (b)

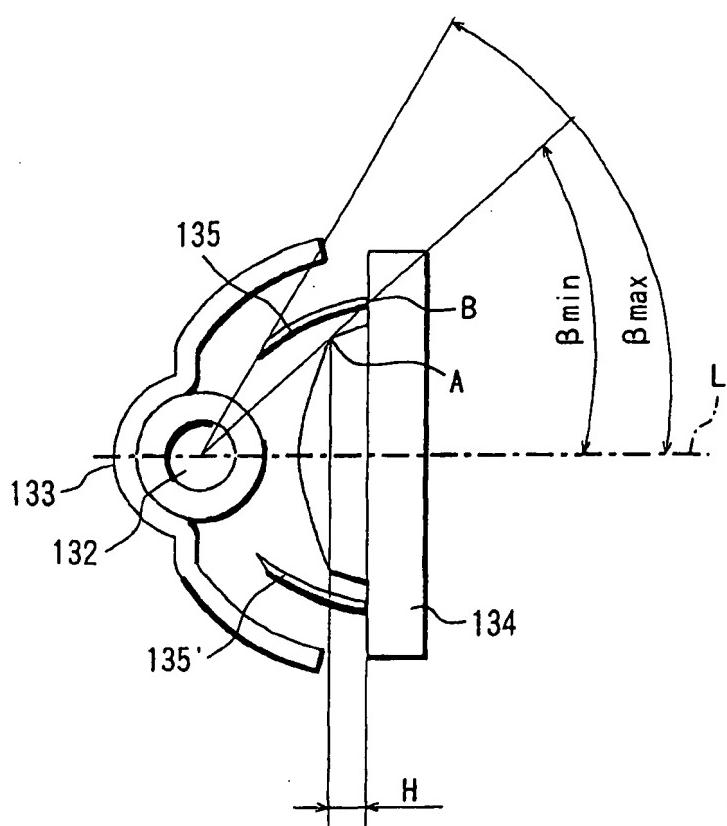


图 23

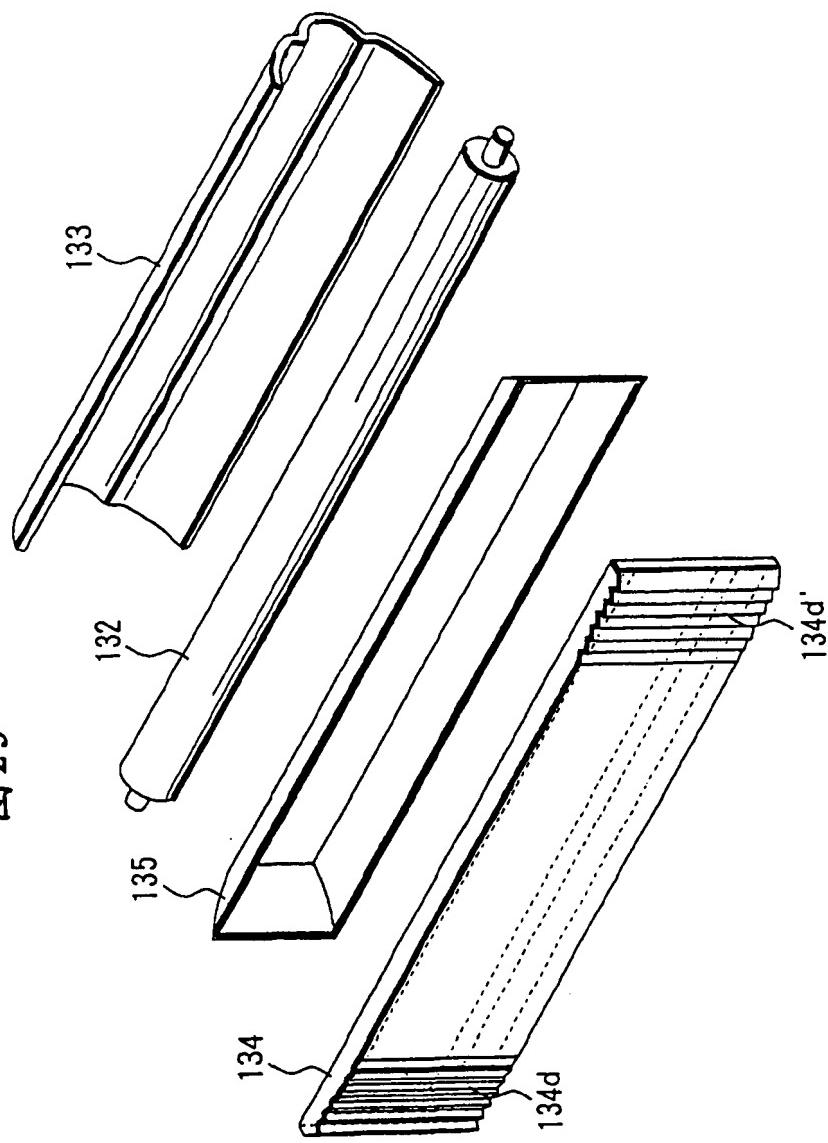


图 24 (a)

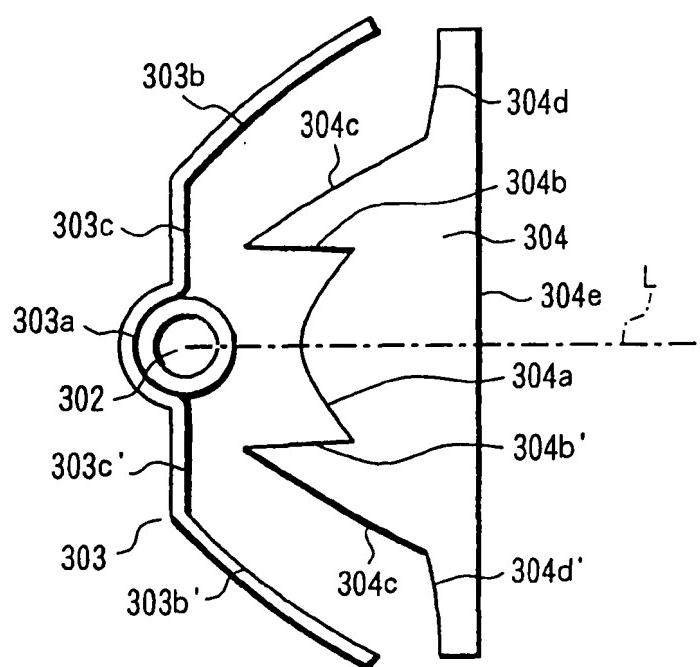


图 24 (b)

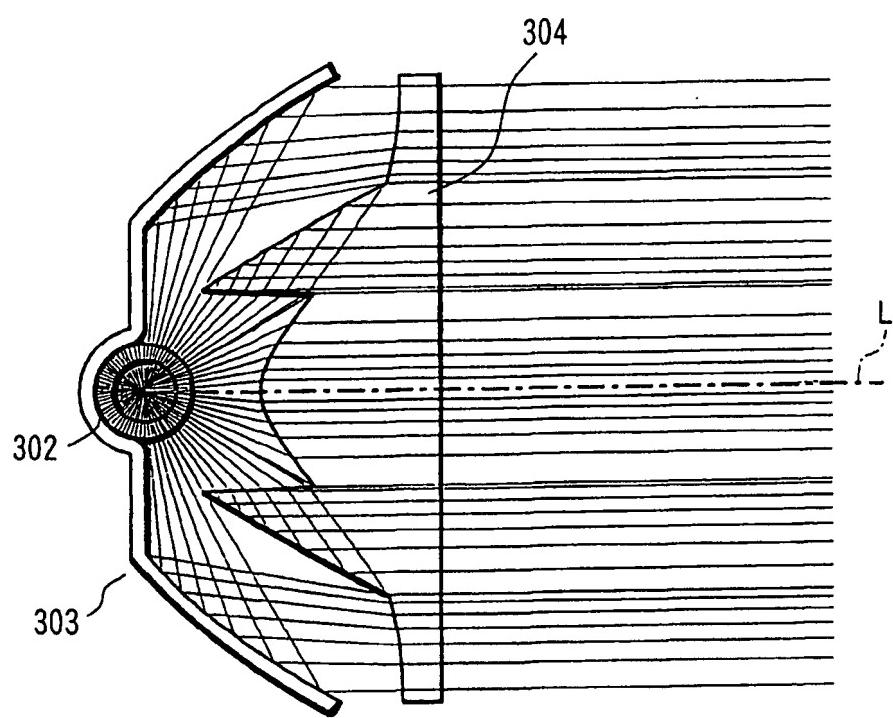


图 25 (a)

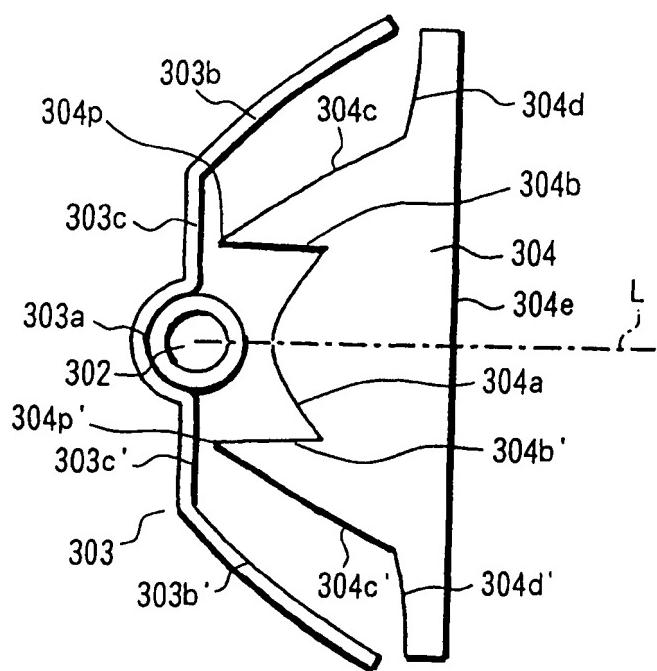


图25(b)

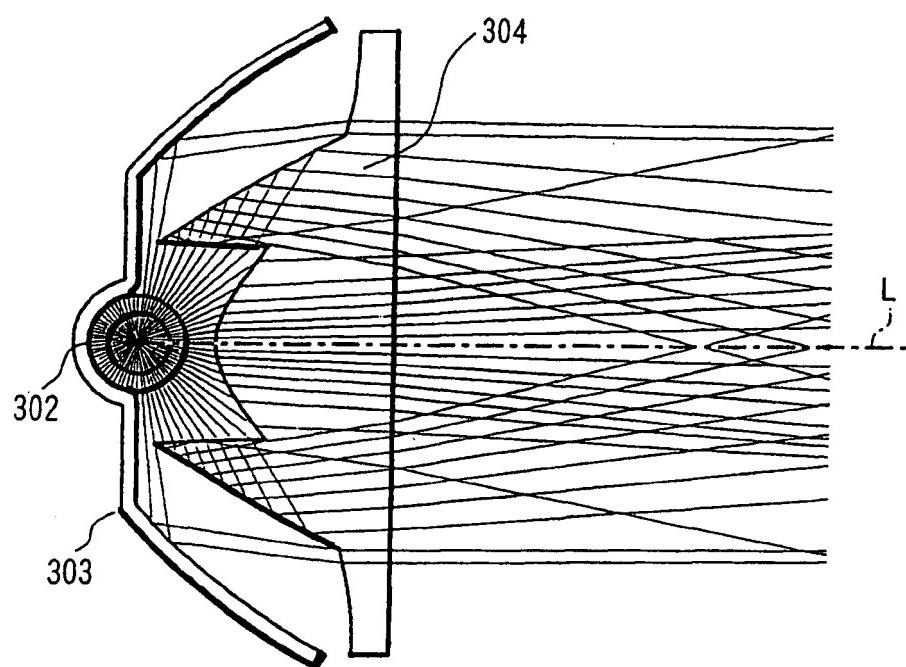


图 26 (a)

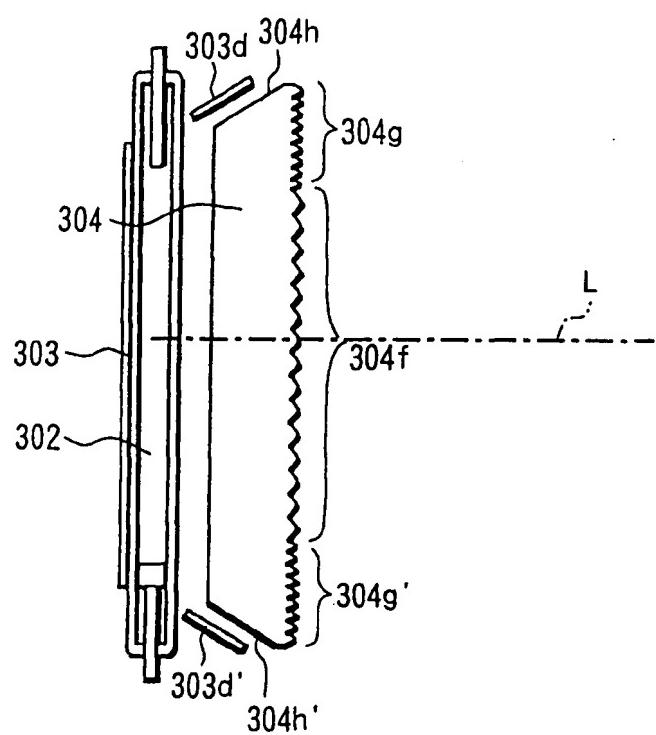


图 26 (b)

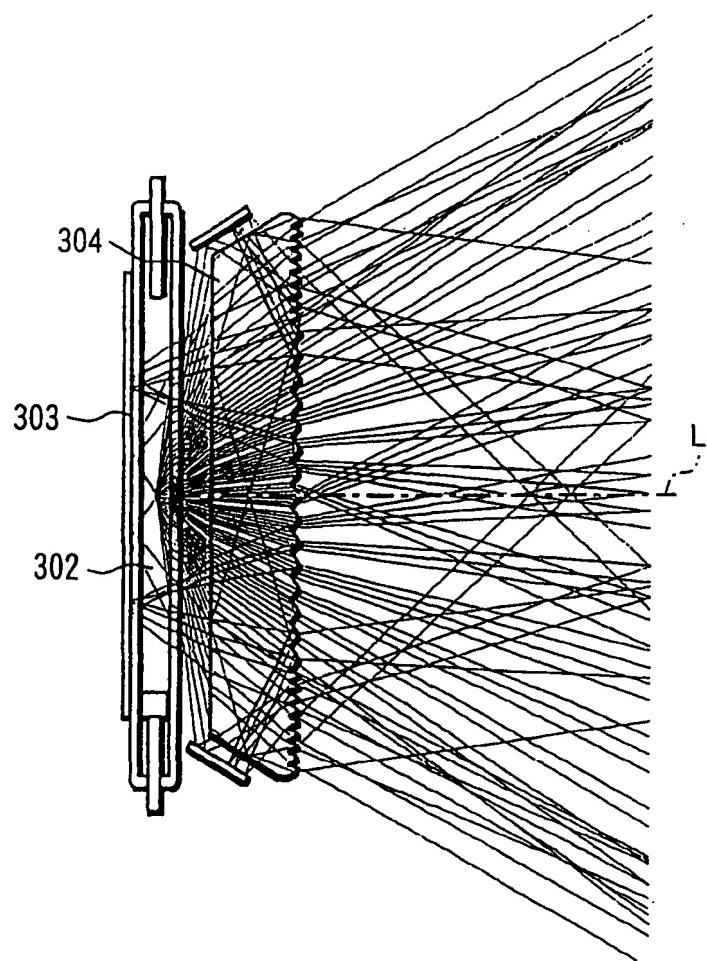


图 27

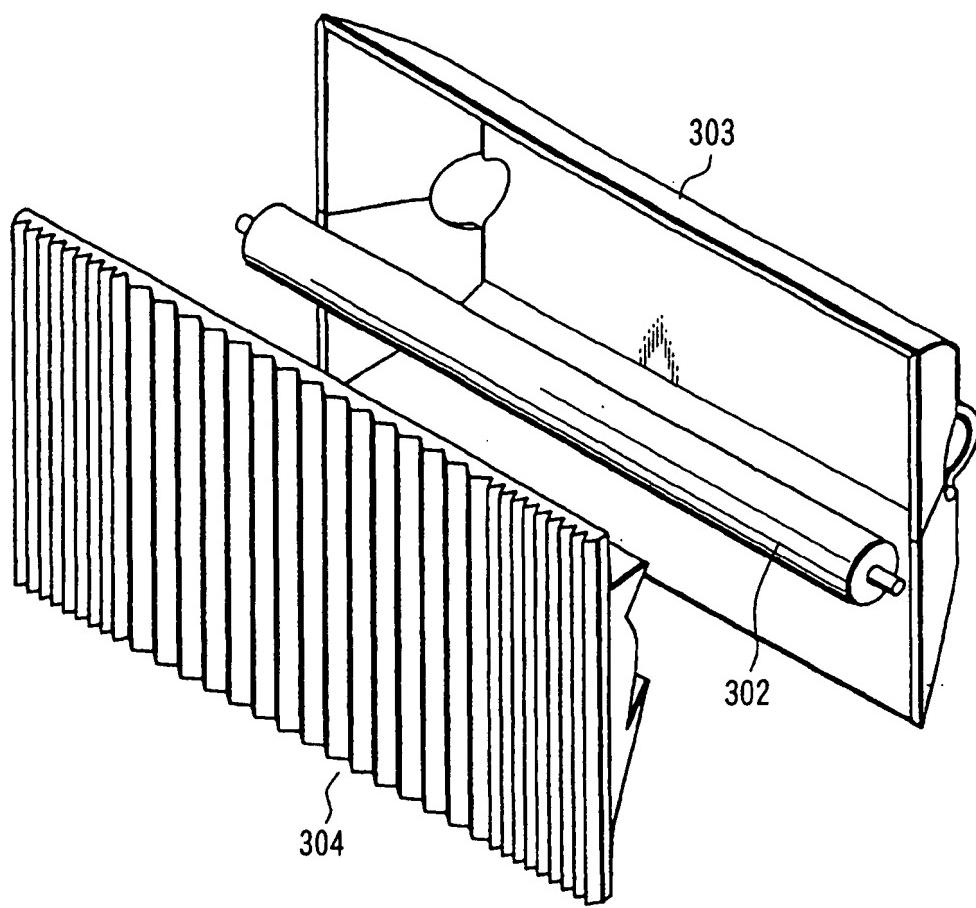


图28 (a)

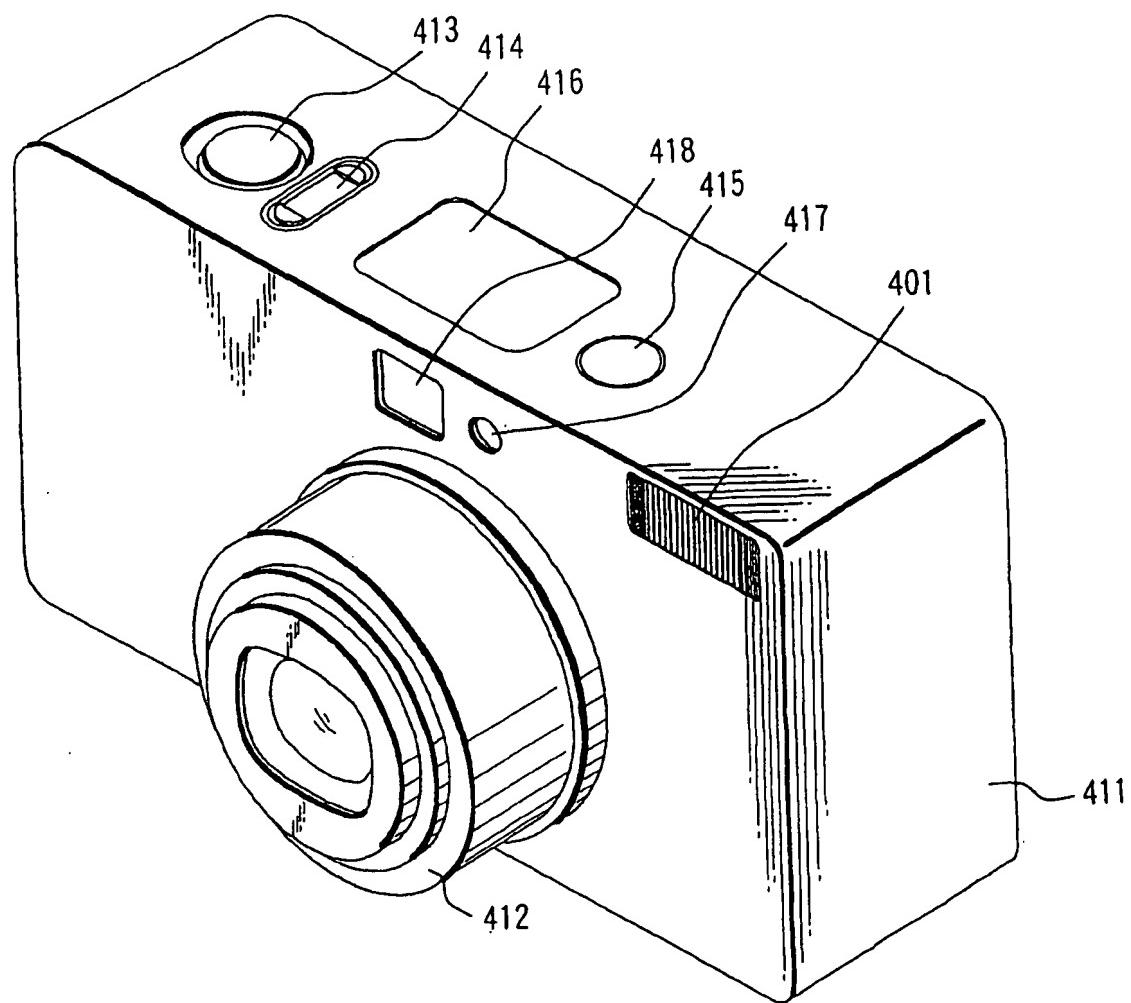


图28 (b)

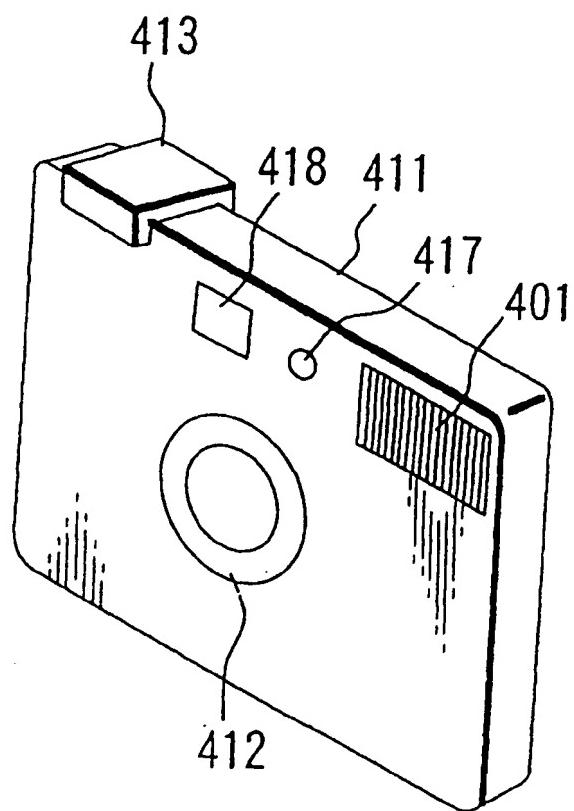


图 29

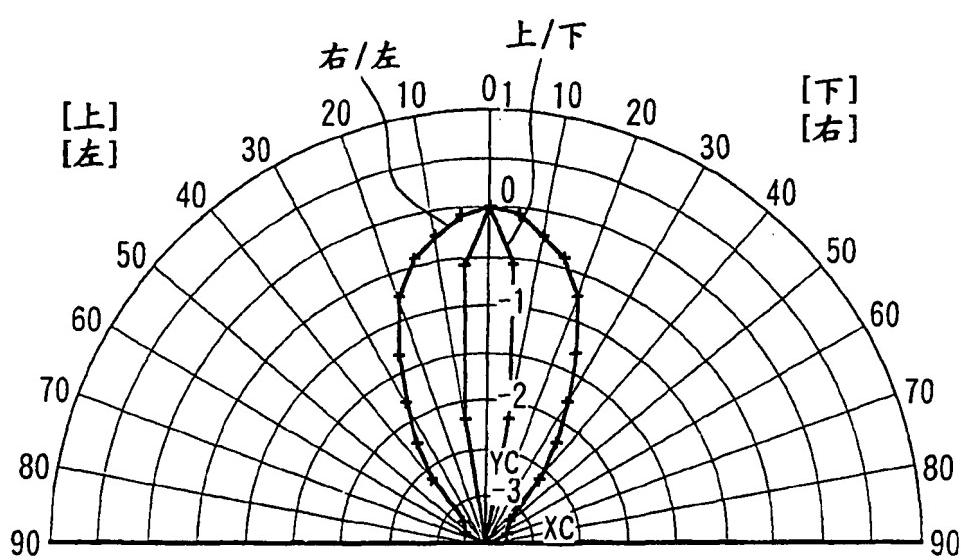


图 30

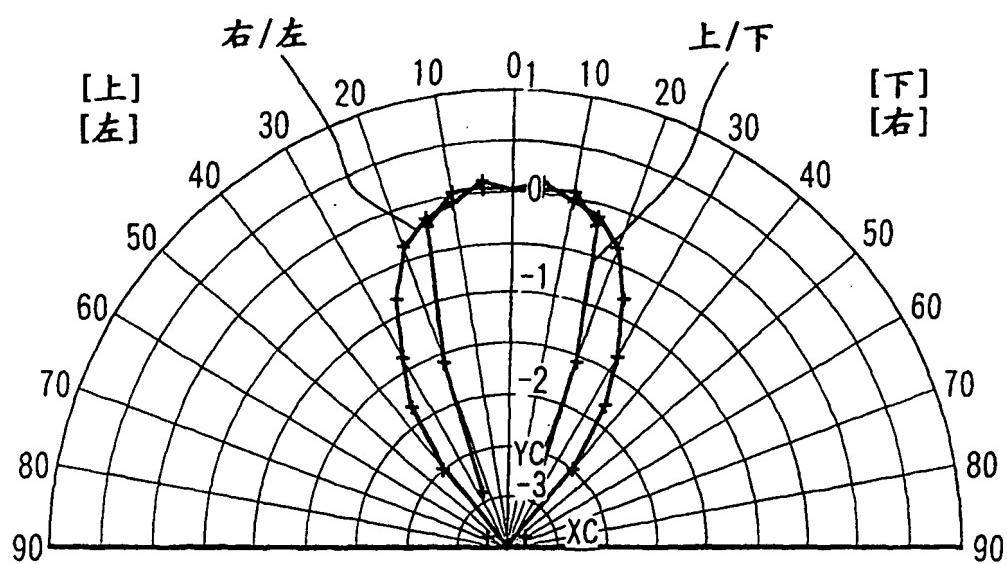


图 31 (a)

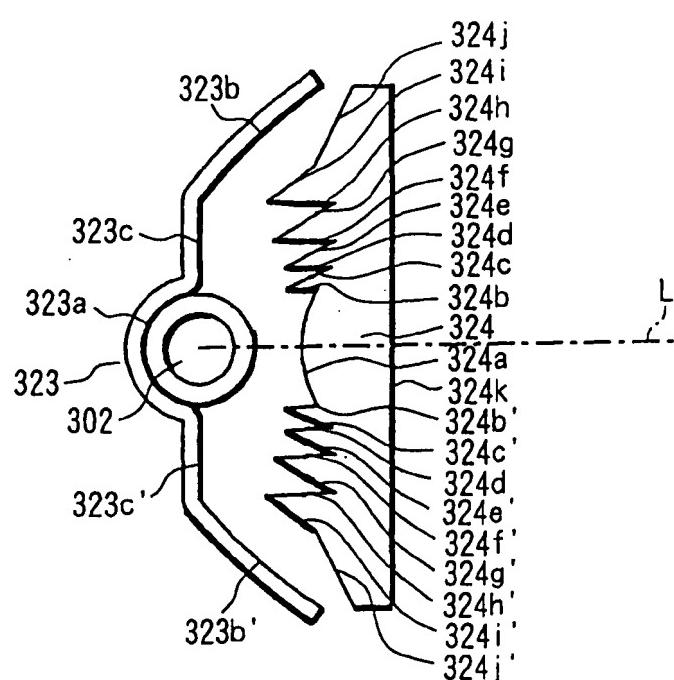


图31 (b)

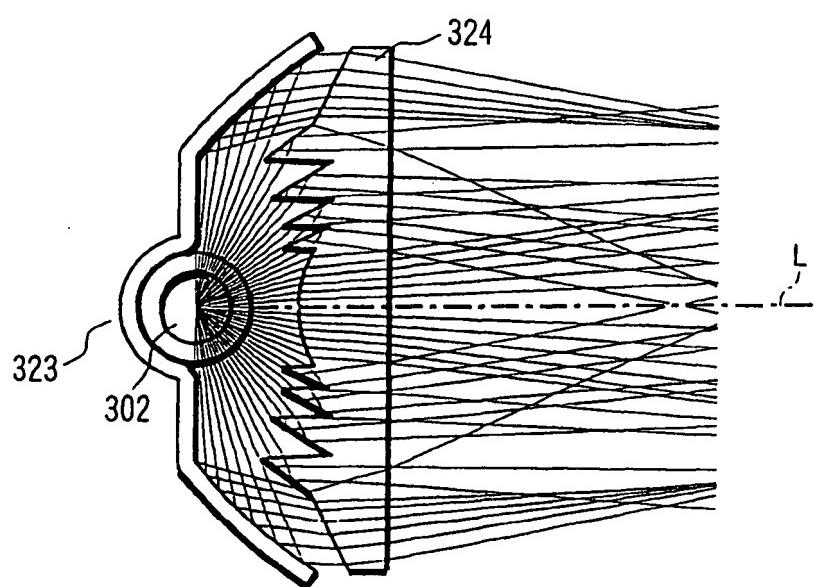


图 32 (a)

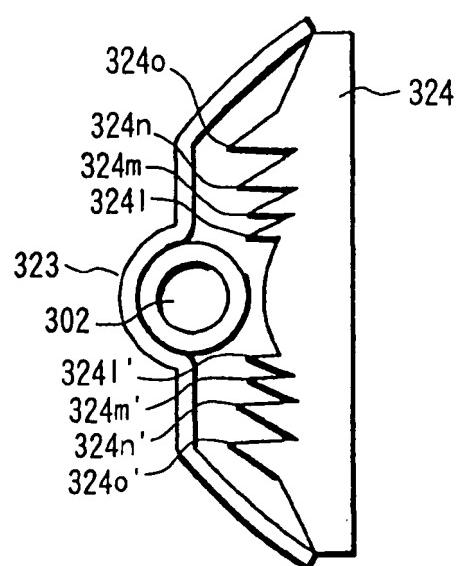


图 32 (b)

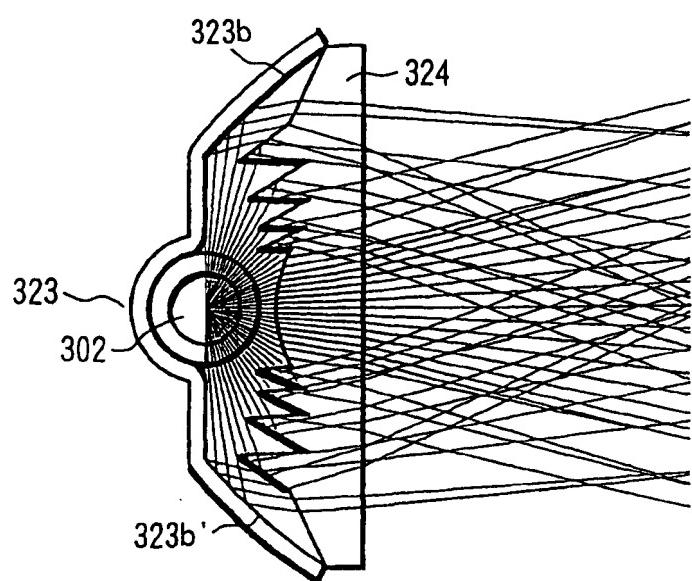


图 33

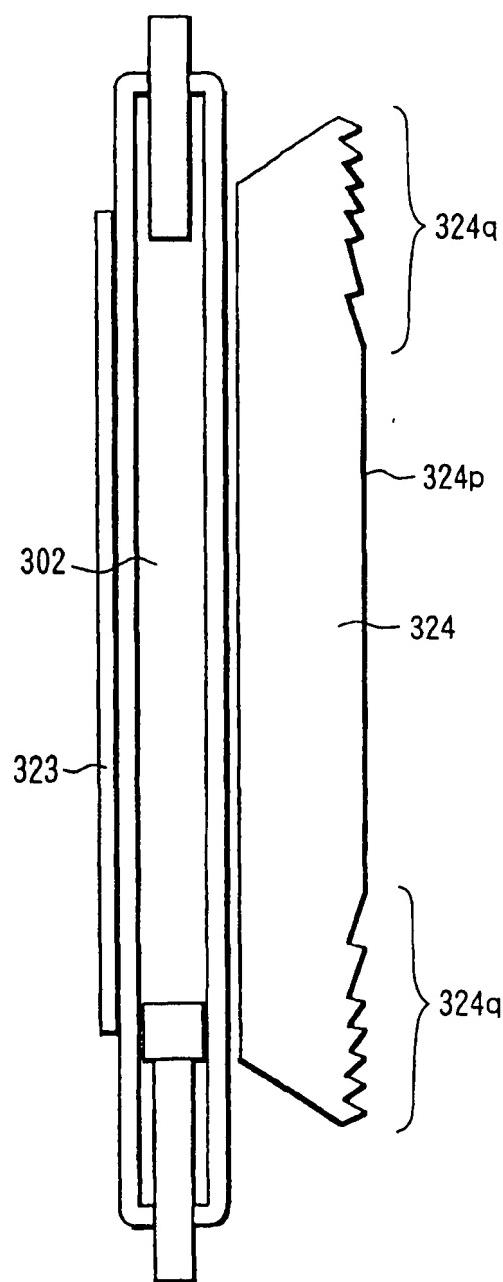


图 34

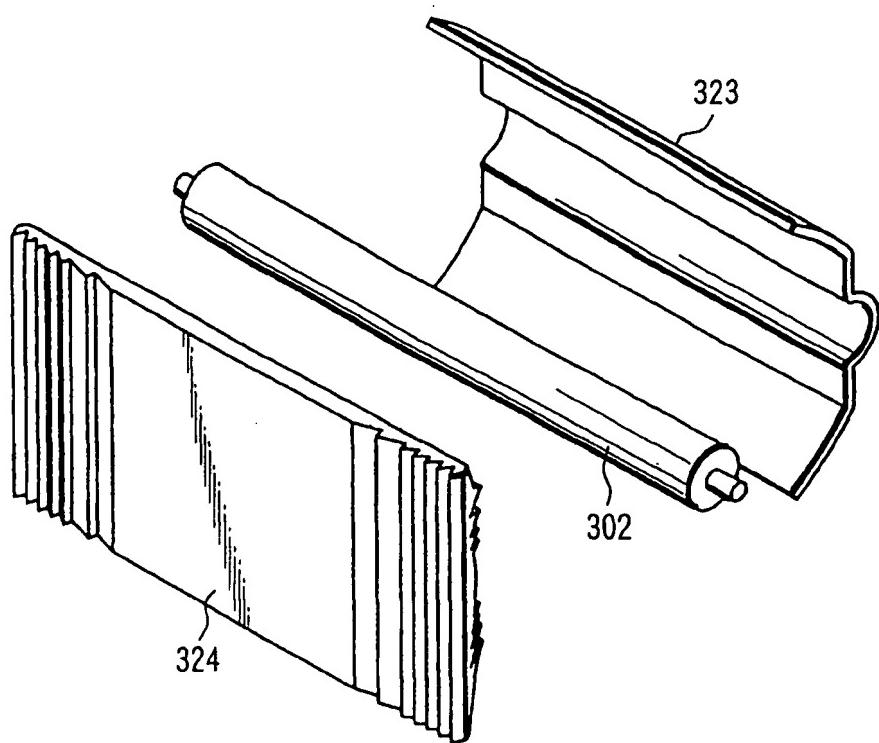


图 35 (a)

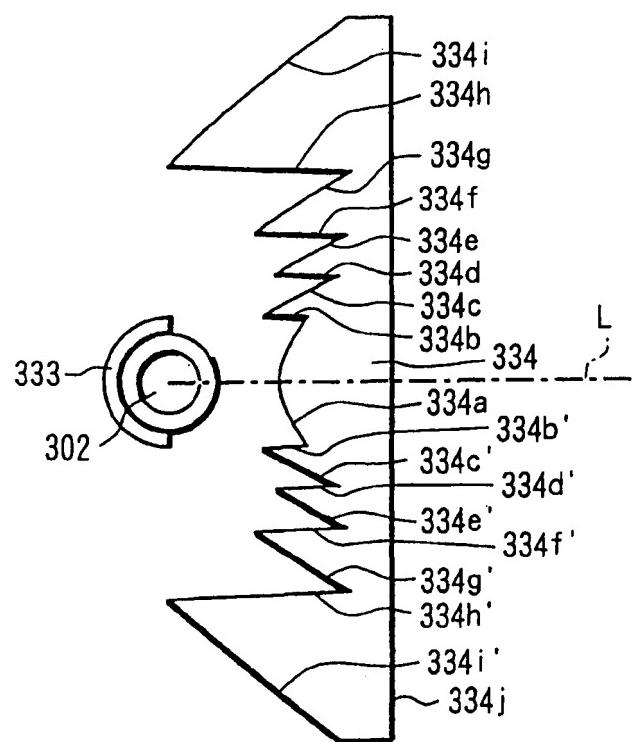


图 35 (b)

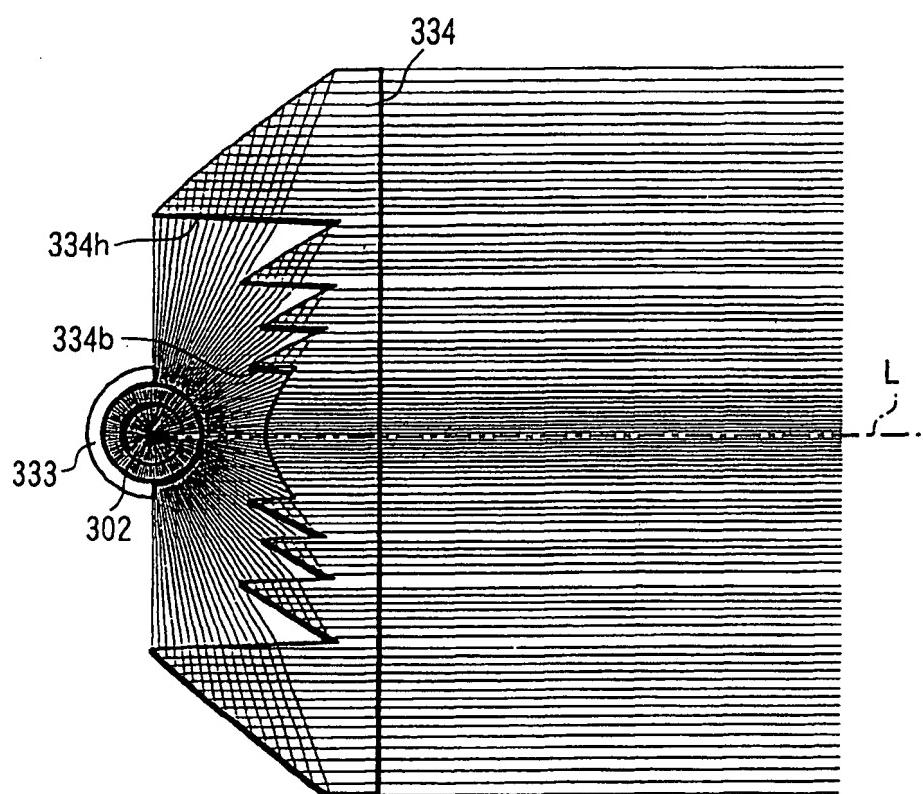


图 36 (a)

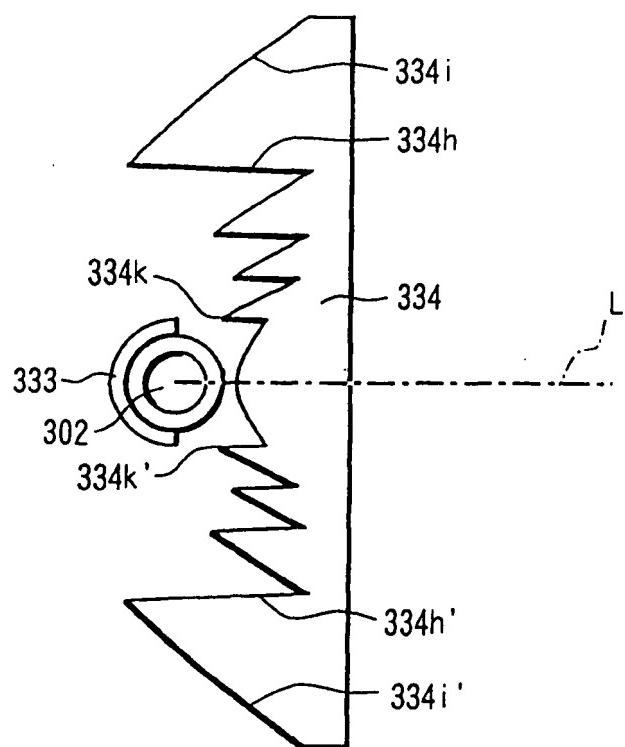


图 36 (b)

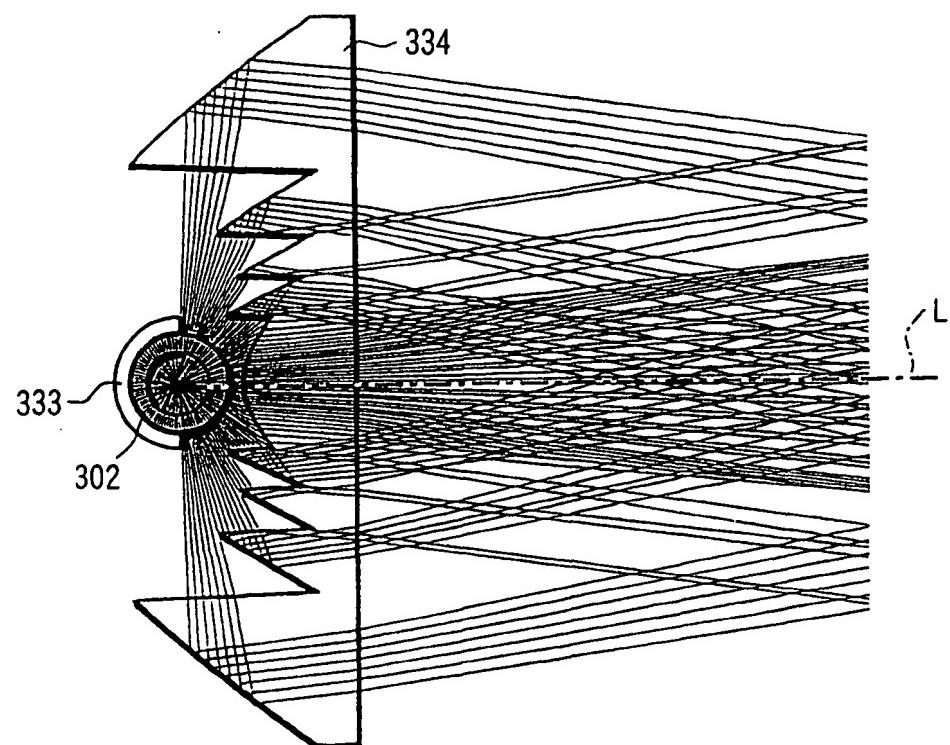


图 37 (a)

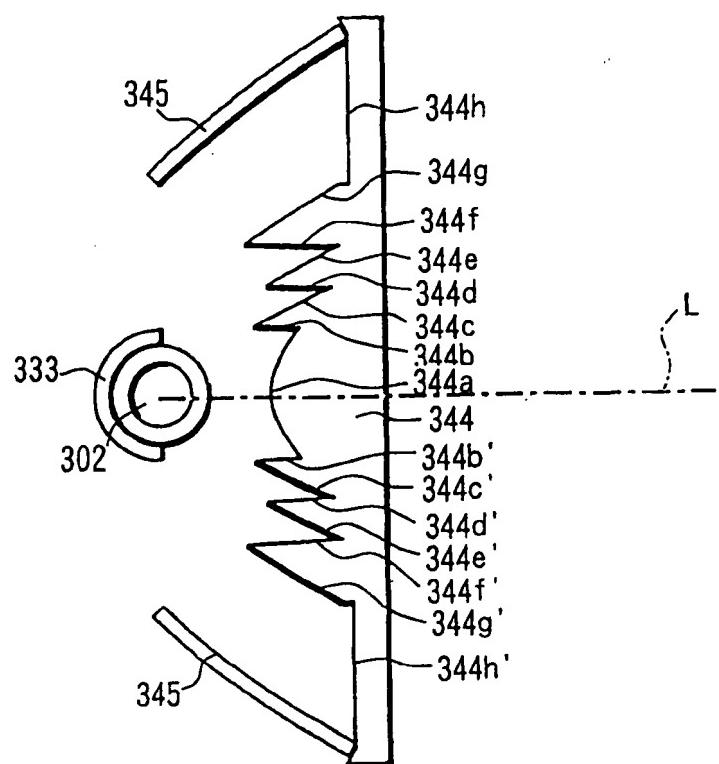


图 37 (b)

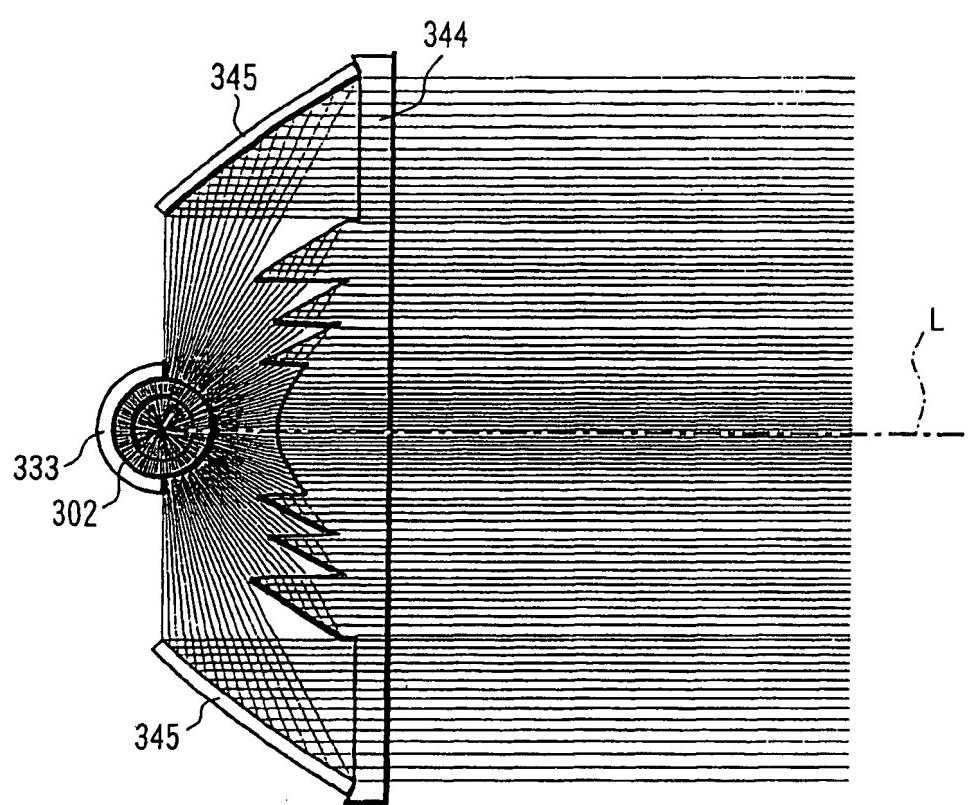


图 38 (a)

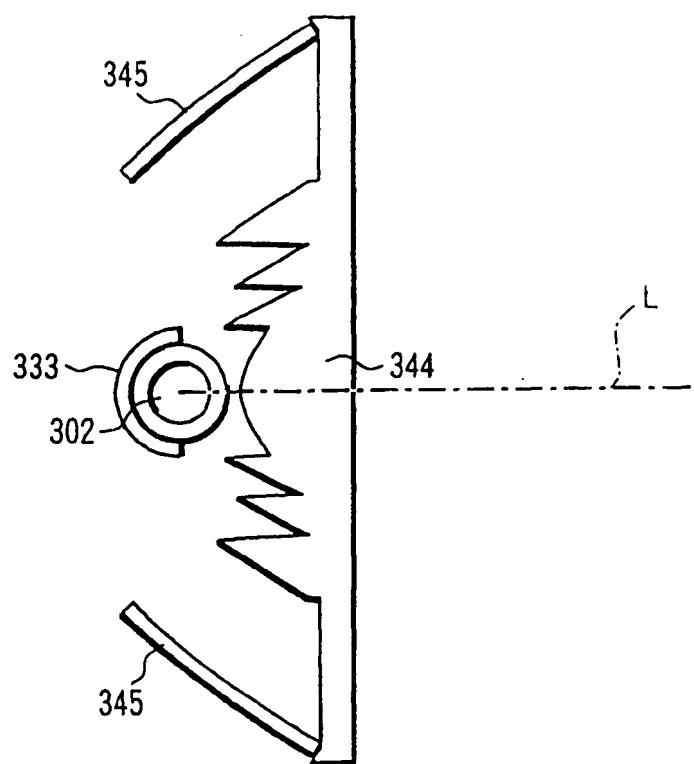


图 38 (b)

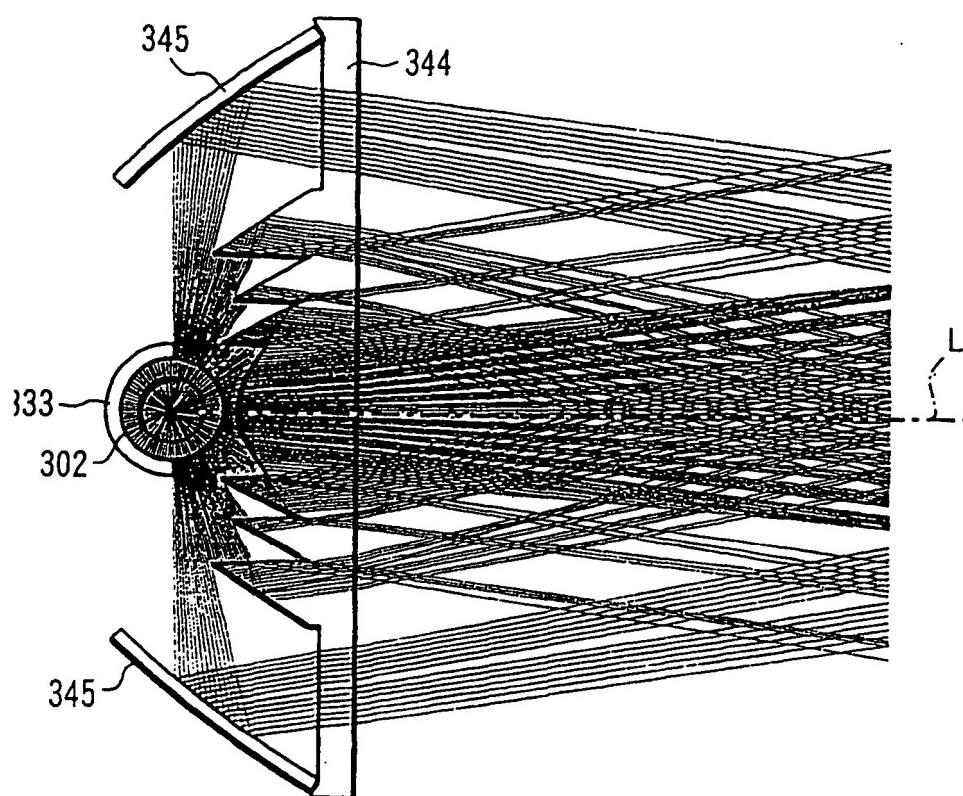


图 39

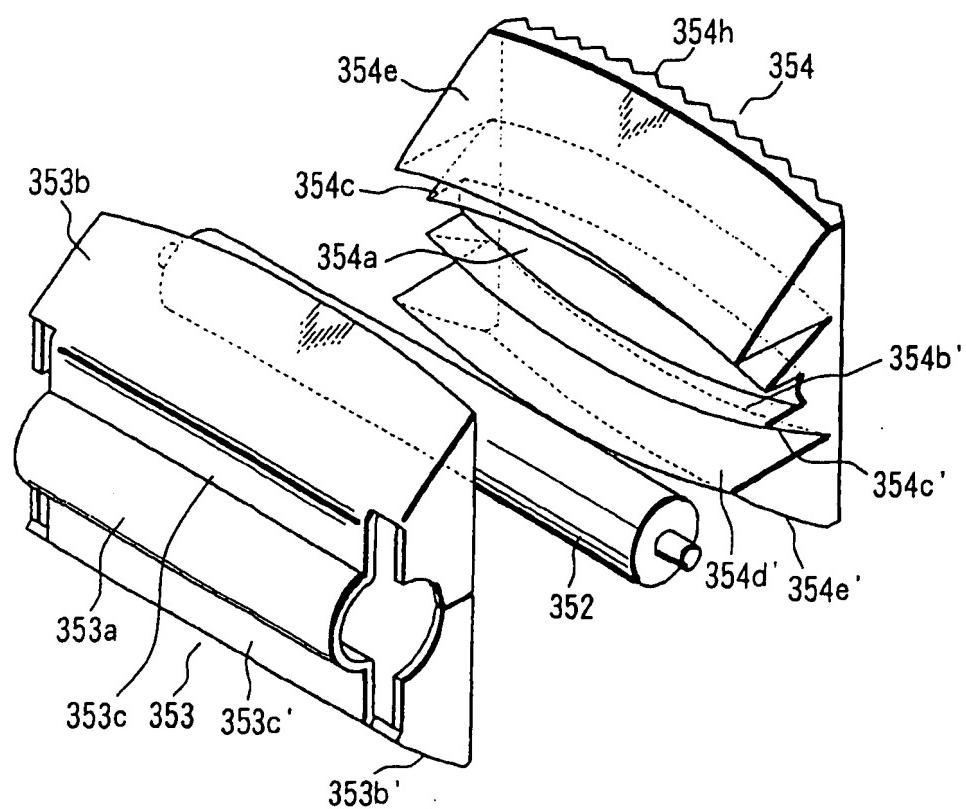


图 40

